



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
PÓS GRADUAÇÃO *LATU SENSU* EM GEOPROCESSAMENTO APLICADO À
AGROECOLOGIA E AO USO DOS RECURSOS NATURAIS (GEO
AGROECOLOGIA)**

OSMAR GUEDES DA SILVA JUNIOR

**Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra e Potencial de Transição Agricultura
Convencional – Agroecológica: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio
Itaporanga – Barcarena - Pará**

ANANINDEUA - PARÁ

JANEIRO – 2020

OSMAR GUEDES DA SILVA JUNIOR

Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra e Potencial de Transição Agricultura Convencional – Agroecológica: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Itaporanga – Barcarena - Pará

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais – Geo Agroecologia, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto Machado Vasconcelos

ANANINDEUA - PARÁ

JANEIRO – 2020

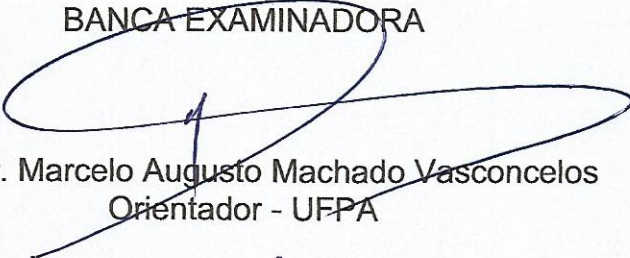
OSMAR GUEDES DA SILVA JUNIOR

**Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra e Potencial de Transição Agricultura
Convencional – Agroecológica: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio
Itaporanga – Barcarena - Pará**


Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais da Universidade Federal do Pará, *Campus* Universitário de Ananindeua, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de especialista.

DATA DA AVALIAÇÃO: 16/01/2020

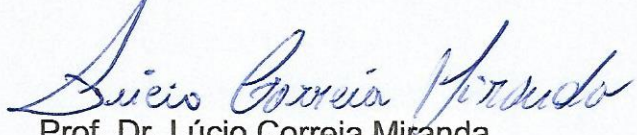
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcelo Augusto Machado Vasconcelos
Orientador - UFPA



Prof. Dr. Paulo Celso Santiago Bittencourt
Examinador Interno - UFPA



Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
Examinador Interno - UFPA

RESUMO

O conhecimento sobre o uso e cobertura da terra representa ferramenta importante para o monitoramento e planejamento ambiental e dentro desse contexto a bacia hidrográfica deve ser entendida como um sistema de relações em que a natureza e as ações antrópicas estão interligadas. Desta forma, a adoção de Sistemas Agroflorestas (SAF's) como sistemas de uso e cobertura da terra em substituição a agricultura convencional torna-se fundamental, Este trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra e o potencial para implantação de sistemas agroflorestais na Bacia Hidrográfica do Rio Itaporanga, município de Barcarena-PA. Para alcançar esses objetivos foram utilizados dados de censo agropecuários de 2005 e 2016, imagens de média resolução Landsat 5 e Landsat 8 dos anos de 1984, 1994, 2004, 2013 e 2019, imagens atuais (09/08/2019) de alta resolução do Google Earth, além de trabalhos de campo para validação. A análise quantitativa dos dados do IBGE mostrou que houve um aumento, de 2005 para 2016, de 59,39% (1319 ha) de áreas plantadas ou destinadas a colheita para os principais produtos das lavouras temporárias e permanentes no município de Barcarena. Utilizando técnica de classificação supervisionada MAXVER nas imagens de média resolução, foram identificadas quatro classes de uso e cobertura: Água, Floresta, Cultivo e/ou área preparada para cultivo e Solo Exposto. Os resultados dessa análise mostraram uma constante diminuição da cobertura florestal dando espaço às áreas cultivadas e áreas urbanizadas esta última incrementada principalmente pela expansão urbana no município como resultado da implantação de polos industriais no início dos anos 1980. A análise visual a partir da aplicação de uma chave de interpretação nas imagens de alta resolução permitiu a discriminação de oito classes a saber: Floresta, Pastagem, Capoeira, Áreas urbanizadas, Cultivo, Destinada à cultivo, Áreas de exploração/Degradada e Solo Exposto. Dentre essas classes as áreas ocupadas atualmente por Capoeira, Áreas de exploração/Degradada e Solo Exposto, além de pastagens foram consideradas como potenciais para implantação de sistemas agroflorestais.

Palavras-chave: Geoprocessamento, classificação supervisionada, análise multitemporal, sistemas agroflorestais.

ABSTRACT

Knowledge about land use and land cover represents an important tool for environmental monitoring and planning and in this context, the watershed must be understood as a system of relationships in nature and how anthropic actions are interconnected. In this way, the adoption of agroforestry systems (SAFs) as land use and land cover systems to replace conventional agriculture becomes essential. This work aimed to analyze the use of land use and land cover and the potential for implementing systems agroforestry in the watershed Itaporanga River, municipality of Barcarena-PA. To achieve these objectives, data from the agricultural sectors of 2005 and 2016 were used, medium-resolution images Landsat 5 and Landsat 8 from the years 1984, 1994, 2004, 2013 and 2019, current images (09/09/2019) of high resolution Google Earth, as well as fieldwork for validation. A quantitative analysis of the IBGE data showed that there was an increase, from 2005 to 2016, of 59.39% (1319 ha) of areas planted or collected for the main products of temporary and permanent crops in the municipality of Barcarena. Using the MAXVER supervised classification technique on medium resolution images, four classes of use and coverage were identified: Water, Forest, Cultivation and / or area prepared for cultivation and Exposed Soil. The results of this analysis show a constant reduction in forest cover, giving space to cultivated and urbanized areas, the latter mainly increased by urban expansion in the municipality, as a result of the implantation of industrial centers in the early 1980s. A visual analysis from the application of a key interpretation key in the high resolution images allowed the discrimination of eight classes: Forest, Pasture, Capoeira, Urbanized Areas, Cultivation, Intended for cultivation, Exploration / Degraded Areas and Exposed Soil. Among these classes are areas currently occupied by Capoeira, Areas of exploitation / Degradation and exposed soil, in addition to pastures that are used as an application for the implementation of agroforestry systems.

Keywords: Geoprocessing, supervised classification, multitemporal analysis, agroforestry systems.

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 | OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 | Objetivo Geral | 10 |
| 2.2 | Objetivos Específicos | 10 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 3.1 | Uso e Cobertura da Terra | 11 |
| 3.2 | Sistemas Agroflorestais | 12 |
| 3.3 | Bacia Hidrográfica | 12 |
| 3.4 | Sensoriamento Remoto | 13 |
| 5.4.1 | Interpretação de imagens digitais | 14 |
| 3.5 | Técnicas de Geoprocessamento | 15 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 17 |
| 5 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 20 |
| 5.1 | Geologia | 20 |
| 5.2 | Geomorfologia | 20 |
| 5.3 | Clima | 21 |
| 5.4 | Solos | 21 |
| 6.4.1 | Latossolo amarelo | 21 |
| 6.4.2 | Concrecionário laterítico | 22 |
| 6.4.3 | Neossolo Flúvico | 22 |
| 5.5 | Vegetação | 22 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 23 |
| 6.1 | Dados do Censo Agropecuário | 23 |
| 6.2 | Análise da evolução do uso e cobertura da terra entre os anos 1984, 1994, 2004, 2013 e 2019 | 30 |
| 6.3 | Análise visual de imagem de alta resolução | 42 |
| 6.4 | Áreas favoráveis à implantação de sistemas agroflorestais | 51 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 55 |
| 8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 57 |

1 INTRODUÇÃO

O surgimento da Agroecologia como um novo enfoque científico veio para reorientar processos produtivos e estratégias de desenvolvimento que sejam capazes de contribuir para minimizar os impactos ambientais gerados pela agricultura convencional e, ao mesmo tempo, sugerir estratégias que possam vir a ser adotadas para um desenvolvimento socialmente mais apropriado e que preserve a biodiversidade e a diversidade sociocultural (Caporal, 2009).

Desta forma, a Agroecologia requer a análise dos agrossistemas de forma holística e integral, e necessita assim incorporar em suas reflexões e práticas dimensões distintas que afetam ou determinam a sua sustentabilidade, o que denota um caráter transdisciplinar a esta ciência (Sá e Silva 2014).

A adoção dos princípios da agroecologia em substituição a agricultura convencional se materializa em níveis de transição caracterizados como:

Níveis de transição agroecológica (Gliessman et al., 2007, citado por Sá e Silva): (i) aumento da eficiência no uso de insumos, reduzindo assim o uso de insumos caros, escassos e ambientalmente danosos; (ii) substituição de insumos e práticas convencionais por alternativas; (iii) redesenho de agroecossistemas para que funcionem com base em um novo grupo de processos ecológicos; (iv) reconexão entre produtor e consumidor na transição a uma cultura da sustentabilidade.

Níveis de transição social agroecológica (Calle Collado et al., 2012, citado por Sá e Silva): (i) impulso ou recuperação de dinâmicas socioculturais centradas na cooperação social; (ii) participação social; (iii) gestão sustentável de bens comuns, como é o caso da biodiversidade e das sementes a ela associadas (seus sistemas de confiança e reprodução).

O caráter transdisciplinar da Agroecologia e a adoção de Sistemas Agrofloretais (SAF's) como sistemas de uso e cobertura da terra em substituição a agricultura convencional também pode envolver técnicas de geoprocessamento que englobam o total conjunto de técnicas ligadas à informação espacial, quer seja no tocante a coleta, armazenamento, tratamento e análise, bem como o uso integrado de dados geográficos. (Medeiros, 2012).

A aplicação dessas técnicas em um primeiro momento se dá na dimensão ecológica (técnico produtiva) facilitando o gerenciamento e manejo de propriedades, mas também nas demais dimensões seja na seleção de potenciais mercados

alternativos (dimensão socioeconômica, cultural, de desenvolvimento endógeno, local) como na espacialização das experiências agroecológicas visando divulgação de propostas sustentáveis (dimensão política, de transformação social.)

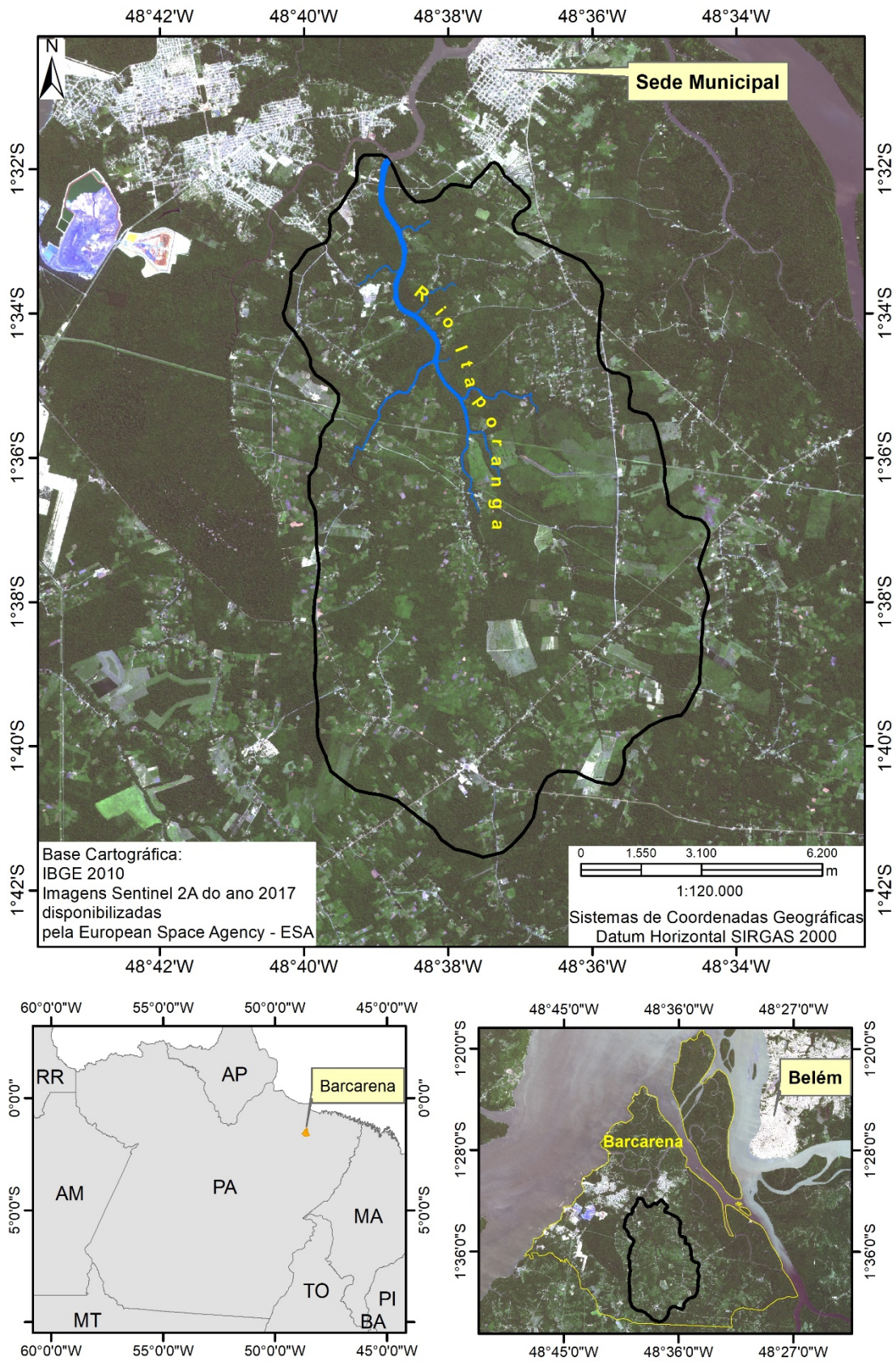
As ferramentas de geoprocessamento em especial os dados obtidos de sensores remotos aplicados para identificação e monitoramento da cobertura da terra visam detectar as alterações ocorridas na superfície terrestre, sejam elas de origem natural ou causada pelo homem (antrópica). Através da identificação de tais fenômenos nas imagens produzidas pelos sensores é possível realizar análises e mapeamentos em diversas escalas.

Desta forma, as técnicas de geoprocessamento tornam-se fundamentais para a elaboração de bases cartográficas, disponibilização de dados em banco de dados geográfico, bem como realizar análises multitemporais de uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas.

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG, como ferramentas computacionais do geoprocessamento, assumem papel fundamental, facilitando o gerenciamento e integração dos dados geográficos de diferentes fontes e épocas permitindo a análise correlacionada desses dados para a obtenção de diagnósticos e previsões.

Neste contexto, o presente trabalho tem por finalidade abordar a aplicação de técnicas de geoprocessamento visando o estudo da dinâmica do uso e cobertura da terra bem como o potencial de substituição da agricultura convencional por sistema agroflorestal e base agroecológica na área ocupada pela Bacia Hidrográfica do Rio Itaporanga (BHRI) localizada na porção centro-sul do Município de Barcarena-PA (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2019).

2 OBJETIVOS

A região ocupada pela bacia hidrográfica do rio Itaporanga (BHRI) passou por modificações em sua paisagem nos últimos 35 anos no que diz respeito ao uso e cobertura da terra. Essas modificações foram estudadas a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento para o mapeamento dos padrões de uso e cobertura da terra. Essas técnicas constituem-se em ferramentas imprescindíveis que servem de base para diagnósticos e predições por parte de gestores municipais. Ressalta-se ainda a importância do uso dessas técnicas para suporte a tomada de decisões quanto a proposição da implantação de Sistemas Agroflorestais (SAF) em áreas degradadas e em substituição à agricultura convencional.

A partir dessa premissa foram definidos para este trabalho os seguintes objetivos:

2.1 Objetivo Geral

Analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra e o potencial para implantação de sistemas agroflorestais na Bacia Hidrográfica do Rio Itaporanga (BHRI) no Município de Barcarena-PA.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar análise multitemporal, a partir de imagens de satélite, das alterações ocorridas no uso e cobertura da terra durante os anos de 1984, 1994, 2004, 2013 e 2019;
- Comparar dados de censos agropecuários com os dados obtidos a partir da interpretação das imagens de satélite;
- Analisar e interpretar imagens de alta resolução capturadas do Google Earth;
- Gerar mapas temáticos de uso e cobertura da terra, bem como indicar áreas favoráveis a implantação de sistemas agroflorestais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Os fundamentos teóricos mais importantes para a elaboração desse estudo envolveram aspectos relacionados aos conceitos de uso e cobertura da terra, sistemas agroflorestais (SAF's), bacia hidrográfica, sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Desta forma, serão abordados de forma sintética, estes conceitos e fundamentos que subsidiaram o desenvolvimento do trabalho.

3.1 Uso e Cobertura da Terra

Pereira & Pinto (2007), destacam a importância do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal para a compreensão da organização do espaço e suas mudanças. Os autores prosseguem dizendo que tal estudo consiste em buscar conhecimento sobre a utilização da terra, além de caracterizar as diferentes classes vegetais que compõe a área.

De acordo com Pereira & Pinto (2007), o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal fornece importantes dados aos planejadores e gestores que, por exemplo, podem utilizá-los para o reconhecimento das condições do quadro natural e da ocupação territorial da área de estudo, permitindo estabelecimento de ações para a utilização racional dos recursos disponíveis.

De acordo com Lorena (2003), a expressão “uso e cobertura do solo” pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem ou preenchido pela cobertura natural. O mesmo autor conclui que o levantamento do uso e cobertura da terra de uma determinada área ou território é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são consequências do uso inadequado da terra.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal é de fundamental importância para a compreensão de como o espaço está organizado e suas alterações. Brito & Prudente (2004) destacam a importância do conhecimento do uso da terra ao afirmarem que se verificando a utilização atual de uma área, gestores podem elaborar melhores políticas de uso da terra para o desenvolvimento mais adequado da região. Nobre et al. (1991) em seu estudo sobre mudanças climáticas reforça esse entendimento referindo-se à capacidade de suporte ambiental e legal do terreno.

3.2 Sistemas Agroflorestais

Em uma definição ampla, sistemas agroflorestais (SAFs) são combinações do elemento arbóreo com herbáceas e/ou animais, organizados no espaço e/ou no tempo (Steenbock 2013). O referido autor ainda considera que, muito embora diferentes definições de sistemas agroflorestais caracterizem estas áreas, grosso modo, como consórcios entre árvores e culturas agrícolas, é relevante destacar, nestes sistemas, o cuidado com o manejo da luminosidade, da produtividade primária, da sucessão natural, da reciclagem de nutrientes e das relações ecológicas.

A legislação brasileira, em diferentes instrumentos legais (Brasil, 2009; Brasil, 2011 citado por Steenbock 2013), tem definido sistemas agroflorestais como “sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes”.

Kato et al (2008) consideram que, entre os sistemas de produção sustentáveis, os sistemas agroflorestais (SAFs) são uma alternativa viável, pois contribuem para o bem-estar nutricional, social e econômico dos produtores rurais, assim como para a conservação dos recursos naturais. São sistemas de produção que têm como característica reproduzir e potencializar os processos naturais, aumentar a diversidade, intensificar os fluxos de informação e diminuir o aporte de materiais externos. Afirmam ainda que os SAFs têm sido recomendados para regiões tropicais devido aos seus benefícios sociais, econômicos e ambientais (fluxos de água, carbono e nutrientes entre solo, planta e atmosfera). De acordo com a composição e manejo dos SAFs, esses sistemas também podem manter elevada diversidade de fauna e flora em comparação com outros sistemas agrícolas.

A associação de SAFs com técnicas conservacionistas de preparo de área pode representar uma combinação promissora de manejo sustentável de pequenas propriedades agrícolas. Entre as técnicas conservacionistas recomendadas para a agricultura familiar, destaca-se o preparo de área sem uso do fogo por meio da trituração manual ou mecanizada da vegetação secundária (KATO et al., 2004).

3.3 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação

que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Porto & Porto, 2008 *apud* Tucci, 1997).

Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se como divisores de águas as áreas mais elevadas. O corpo de água principal, que dá o nome à bacia, recebe contribuição dos seus afluentes, sendo que cada um deles pode apresentar vários contribuintes menores, alimentados direta ou indiretamente por nascentes (Figura 2). Assim, em uma bacia existem várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte. Estas são as unidades fundamentais para a conservação e o manejo, uma vez que a característica ambiental de uma bacia reflete o somatório ou as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto das sub-bacias nela contidas (SEMA-RS, 2010).

Outra definição da bacia hidrográfica é que ela é compreendida como unidade de planejamento e gestão, proporcionando o entendimento do solo, da água e da cobertura vegetal, fazendo com que se possam manejar os recursos naturais para a produção de alimentos de forma quantitativa e qualitativa (VALERI *et al.*, 2003).

De acordo com Souza (2009), a bacia hidrográfica deve ser entendida como um sistema de múltiplas relações em que a natureza e as ações antrópicas estão interligadas, tornando-a uma ferramenta de fundamental importância, pois permite a análise do uso e ocupação do solo, que está diretamente ligada às atividades econômicas da bacia, fatores naturais, antrópicos, sociais, culturais, políticos, alterações negativas na vegetação natural, impermeabilização e contaminação do solo e poluição da água, fatores esses que influenciam na dinâmica da bacia, e quando analisados em conjunto permitem tomada de decisões mais precisas e compatíveis com a realidade, proporcionando uma melhor qualidade de vida.

3.4 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é a arte e a ciência de obter informação sobre um objeto sem estar em contato físico direto com o objeto e pode ser usado para medir e monitorar importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra (Jensen, 2009).

A maioria dos dados de sensoriamento remoto coletados para aplicações em recursos da Terra é o resultado de sensores que registram a energia eletromagnética.

O entendimento de como essa energia interage com a atmosfera e o terreno, de como funciona o sistema de sensoriamento remoto, e como se extrai informação útil a partir dos dados de sensores remotos é fundamental para interpretação desses dados em seu potencial pleno.

A utilização de produtos de sensoriamento remoto como fonte de dados para a elaboração de mapas é uma das grandes inovações no segmento do geoprocessamento, pois possibilita uma gama enorme de análises espaciais e temporais. Como o ambiente sofre alterações constantes pela ação antrópica, a interpretação de imagens de satélite é uma fonte direta de se determinar a dinâmica dos processos envolvidos em tais alterações (Jensen, 2009).

5.4.1 Interpretação de imagens digitais

A interpretação de imagens digitais de sensores remotos no mapeamento do uso e cobertura da terra visa a identificação de padrões de imagem que guardem certa homogeneidade e que possam ser representados na escala pretendida pelo mapeamento, segundo classes previamente definidas (IBGE, 2006).

Desta forma, para que os objetivos de uma boa interpretação de imagens digitais sejam alcançados há a necessidade da utilização de técnicas de processamento digital de imagens (PDI) que constam de três etapas: pré-processamento, realce e classificação. O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas, correção atmosférica e remoção de ruído. O realce visa melhorar a qualidade da imagem, permitindo uma melhor discriminação dos objetos presentes na imagem e na classificação são atribuídas classes aos objetos presentes na imagem.

A correção atmosférica é o procedimento que tira o efeito de dispersão da energia eletromagnética nas partículas de água suspensas na atmosfera, possibilitando que os alvos invariáveis, temporalmente, sejam interpretados (Jensen, 2009).

O efeito da atmosfera é um dos agentes que altera a resolução radiométrica das imagens de satélite e o efeito dessa alteração é a redução do contraste dos alvos presentes na imagem.

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de

interesse.

A Classificação Supervisionada é um método que parte do pressuposto que o usuário conheça previamente a área analisada, bem como a distribuição das classes, para que desta forma, quando da aplicação da classificação, a seleção de amostras de treinamento possa ser o mais eficiente possível (Crósta, 1993).

O autor supracitado considera ainda que para a obtenção de um bom resultado com esta classificação é necessária a escolha de um número razoavelmente elevado de pixels para cada amostra de treinamento da classe, e que estes tenham uma distribuição estatística próxima da distribuição normal.

O método de classificação supervisionada é considerado como um método tradicional mais comumente utilizado quando é necessária a obtenção de classes informacionais a partir de imagens de sensores remotos. A distribuição espectral das classes de uso da terra é considerada como sendo gaussiana ou normal, isto é, objetos pertencentes à mesma classe apresentarão resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe Ribeiro et al., (2007).

O método considera a ponderação das distâncias médias, utilizando parâmetros estatísticos de distribuição dos pixels dentro de uma determinada classe (Crósta, 1993).

3.5 Técnicas de Geoprocessamento

O geoprocessamento é um ramo da área do conhecimento conhecida como Geomática e engloba o total conjunto de técnicas ligadas à informação espacial, quer seja no tocante a coleta, armazenamento, tratamento e análise, bem como o uso integrado de dados geográficos. Estas técnicas ou tecnologias são comumente chamadas de Geotecnologias. Fazem parte das geotecnologias, a Cartografia, a Topografia, a Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto, o posicionamento por satélites e os Sistemas de Informação Geográfica - SIG (Medeiros, 2012).

O geoprocessamento procura abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente suas informações para o sistema computacional. Esta transferência é feita sobre bases cartográficas, através de sistema de referência apropriado.

A aquisição de dados pode ser realizada através das ferramentas de Sensoriamento Remoto e dos *Global Positioning System* ou Sistemas de Posicionamento Global (GPS). Essas ferramentas são fundamentais para a

credibilidade dos dados a serem armazenados, manipulados e processados posteriormente.

Um sistema de geoprocessamento não é simplesmente um sistema computacional projetado para fazer mapas, embora ele possa criar mapas em diferentes escalas, em diferentes projeções e com diferentes cores, ele é, principalmente, uma **ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões**. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistemas de Informação Geográfica – SIG.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos para o estudo do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Itaporanga constou de cinco etapas principais: Análise quantitativa dos dados do Censo Agropecuário dos anos de 2005 e 2016; Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens (PDI); Análise visual de imagens de alta resolução (Google Earth) através da aplicação de uma chave de interpretação; Trabalhos de campo; e Análise integrada para seleção de áreas favoráveis para implantação de Sistemas Agroflorestais (SAF's).

Inicialmente foram analisados quantitativamente os dados dos censos agropecuários de 2005 e 2016 relativos aos principais produtos das lavouras temporárias e permanentes do município de Barcarena. Isso permitiu a observação de quais produtos tiveram variações em termos de área plantada ou destinada à colheita, bem como variações na produção e valor de produção.

Posteriormente foram obtidas imagens de média resolução espacial disponibilizadas através do site da United State Geological Survey Earth-Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>) adquiridas em Nível 1 no formato Terrain (L1T). Essas imagens compreendem um período de 35 anos (1984 a 2019) e correspondem aos sensores Thematic Mapper – TM, (Landsat 5) e Operational Land Imager - OLI (Landsat 8) com percentual de cobertura de nuvens inferior a 10% (Tabela 1).

Tabela 1 - Identificação das imagens orbitais e sensores utilizados.

| Data | Sensor | Resolução |
|------------|---|-----------|
| 27/07/1984 | Thematic Mapper – TM (Landsat 5) | 30 m |
| 21/06/1994 | Thematic Mapper – TM (Landsat 5) | 30 m |
| 15/05/2004 | Thematic Mapper – TM (Landsat 5) | 30 m |
| 27/07/2013 | Operational Land Imager – OLI (Landsat 8) | 30 m |
| 26/06/2019 | Operational Land Imager – OLI (Landsat 8) | 30 m |

Fonte: ENGESAT 2019

Para essas imagens foram aplicadas técnicas de processamento digital de imagens (PDI) que constaram de correção atmosférica e classificação supervisionada.

A correção atmosférica é o procedimento que tira o efeito de dispersão da energia eletromagnética nas partículas de água suspensas na atmosfera,

possibilitando que os alvos invariáveis, temporalmente, sejam interpretados (Jensen, 2009).

O efeito da atmosfera é um dos agentes que altera a resolução radiométrica das imagens de satélite e o efeito dessa alteração é a redução do contraste dos alvos presentes na imagem. Neste trabalho a correção atmosférica foi realizada através do algoritmo reflectância do solo em percentagem completa (ATCOR) utilizado no software *PCI Geomatica* de acordo com o trabalho de Souza Filho et al 2015.

Após a aplicação da correção atmosférica foram selecionadas as bandas com intervalos espectrais correspondentes ao vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio dos sensores TM e OLI (Tabela 2). Esses intervalos foram escolhidos por apresentar melhor contraste entre água, vegetação e solo exposto.

Tabela 2 Intervalos espectrais dos sensores Landsat 5 e Landsat 8.

| Intervalo espectral (μm) - Bandas | | | |
|--|--------|--------------------------|--------|
| Landsat 5 - TM | Bandas | Landsat 8 - OLI | Bandas |
| 0,63 - 0,69 (vermelho) | 3 | 0,64 – 0,67 (vermelho) | 4 |
| 0,76 - 0,90 (IV próximo) | 4 | 0,85 – 0,88 (IV próximo) | 5 |
| 1,55 - 1,75 (IV médio) | 5 | 1,57 – 1,65 (IV médio) | 6 |

Fonte: ENGESAT 2019

Para as imagens do Landsat 5 – TM foi associada à banda 5 a cor vermelha, à banda 4 a cor verde e à banda 3 a cor azul, compreendendo a composição **R5-G4-B3**. Para as imagens Landsat 8 – OLI foi associada à banda 6 a cor vermelha, à banda 5 a cor verde e à banda 4 a cor azul, compreendendo a composição **6R-5G-4B**.

A partir dessas composições coloridas utilizou-se o método de classificação supervisionada pixel a pixel Máxima Verossimilhança (MAXVER) aplicado através do software ArcGIS 10.5.

Além dessas técnicas de PDI foi realizada análise visual de imagens de alta resolução de 09/08/2019 a partir da aplicação de uma chave de interpretação como ferramenta de auxílio para identificação das classes de uso e cobertura do solo na BHRI. Essas imagens foram acessadas através do programa *Portable Basemap Server*, que faz a leitura de serviços *Web Map Tile Service* (WMTS) do Google Earth e permite sua visualização no *Arcmap*. Uma vez visualizada a imagem fez-se a digitalização das classes definidas através da ferramenta Editor do *Arcmap*.

Também foram realizados trabalhos de campo para coleta de dados com GPS e verificação das classes identificadas nas imagens.

Por fim, foi realizada a análise integrada para seleção de áreas favoráveis para implantação de Sistemas Agroflorestais (SAF's), a partir das classes interpretadas na análise visual.

Como material cartográfico de apoio foi utilizado a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> e também dados vetoriais do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro – BDGEX acessados através do endereço <https://bdgex.eb.mil.br/>. Adicionalmente foram utilizados dados dos censos agropecuários dos anos de 2005 e 2016 disponíveis em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria>.

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Itaporanga (BHRI) está situada na porção centro sul do município de Barcarena ocupando uma área de 133,74 Km² que corresponde a 16,47 % da área total do município de Barcarena. Está inserida no contexto da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia e Sub-região Tocantins (ANA 2018).

5.1 Geologia

Segundo Vasquez et al. (2008), a geologia da área de estudo é composta por rochas e sedimentos cenozoicos representadas pelo Grupo Barreiras (Paleógeno/Neógeno), por sedimentos do Pós-Barreira e Sedimentos Recentes.

O Grupo Barreiras em geral é caracterizado por arenitos, argilitos e conglomerados formados em ambiente litorâneo e marinho transicional enquanto o Pós-Barreiras é composto por sedimentos areno-argilosos, de coloração avermelhada e amarelada, inconsolidados, sem estruturação, separados dos sedimentos do Grupo Barreiras por superfície erosiva, acompanhada ou não por níveis detríticos (Rossetti et al., 1989). Ambas unidades sustentam um relevo de tabuleiros e terrenos levemente ondulados.

Os Sedimentos Recentes correspondem a depósitos areno-argilosos, argilo-arenosos e argilosos de coloração esbranquiçada, amarelada e avermelhada. Ocorrem nas margens de rios e igarapés.

5.2 Geomorfologia

A geomorfologia da área está representada por duas unidades de relevo, a saber: planalto rebaixado (terra firme) e planícies aluvial (várzea). O planalto rebaixado está representado por tabuleiros e terrenos levemente ondulados que compreendem altitudes máximas de 28m esculpido nas rochas do Grupo Barreiras e Pós Barreiras,

A planície aluvial compreende os canais fluviais (rios e igarapés) sob a influência ou não das marés, encaixados no planalto rebaixado e constituídos por depósitos de sedimentos recentes (Holoceno).

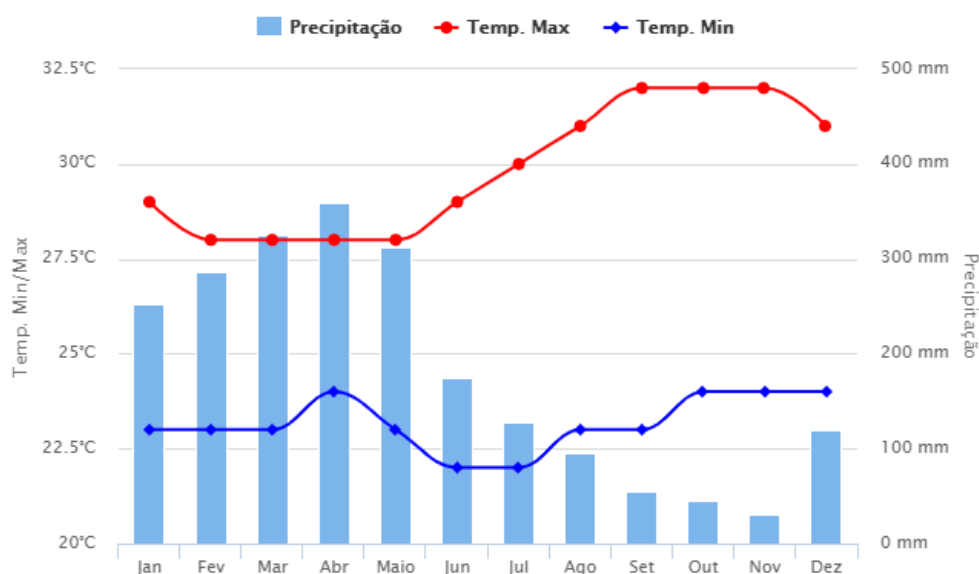
Segundo a proposta de taxonomia de relevo de Ross (1992) a área de estudo faz parte da Unidade Morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares onde o planalto rebaixado e a planície aluvial são correlacionáveis, respectivamente, às unidades Planalto Rebaixado da Amazônia e Planície Amazônica.

5.3 Clima

O clima na região da bacia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am e apresenta temperatura média anual em torno de 27°C, com amplitude térmica mínima (IDESP, 2014).

As precipitações estão acima de 2500 mm/ano e ocorrem mais nos primeiros seis meses e menos intensamente nos últimos seis meses do ano. A época mais chuvosa compreende os meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio e a época mais quente e seca, refere-se ao restante dos meses (Figura 2).

Figura 2 – Variação da temperatura e precipitação no município de Barcarena.



Fonte: CLIMATEMPO, 2019

5.4 Solos

Os solos predominantes na área de estudo são: Latossolo Amarelo distrófico de textura média, Concrecionário Laterítico indiscriminado, distrófico, de textura indiscriminada. Nas Ilhas do município de Barcarena, estão presentes os solos Hidromórficos Indiscriminados, Gleisados, como o Gley Pouco Húmico e Aluvial, eutróficos e distróficos.

6.4.1 Latossolo amarelo

O Latossolo Amarelo possui características físicas boas, friáveis, ácidos (pH 4.2 a 5), e está relacionado a sedimentos areno-argilosos (Terciário/Quaternário), presentes em topografia que varia de plano a suavemente ondulado, sob capoeira, textura argilosa, coloração vermelha amarelada e soma de bases muito baixa nos horizontes superficiais.

O Latossolo Amarelo Distrófico é um solo muito espesso, de textura média a muito argilosa, com alta capacidade de troca iônica, um baixo conteúdo de matéria orgânica, alta saturação em alumínio, baixo conteúdo de fósforo assimilável e alto conteúdo de fósforo total. Esse tipo de solo ocorre de forma predominante sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, formando um relevo plano, sob cobertura vegetal de floresta densa.

6.4.2 Concrecionário laterítico

Este tipo de solo é formado com misturas de partículas mineralógicas finas e concreções de um arenito ferruginoso (Laterita) de vários diâmetros, que em alguns casos preenchem completamente um perfil tipicamente latossólico. A coloração varia do marrom amarelado ao vermelho amarelado (no horizonte B). Apresentam-se mediamente profundos, frequentemente acidificados, com textura pesada e com baixa capacidade de trocas e saturação de bases.

6.4.3 Neossolo Flúvico

Esse tipo de solo é desenvolvido sob forte influência do lençol freático, próximo à superfície e é oriundo da disposição de sedimentos aluviais, constituindo camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. Estas camadas são hidromórficas, rasas ou pouco profundas, com uma textura variável, predominando a fração silte, com nível de fertilidade natural baixo ou alto. Esse solo ocorre em relevo plano, margeando os cursos d'água sob vegetação de floresta de várzea, associados aos Gleissolos.

5.5 Vegetação

A vegetação da região está diretamente relacionada aos fatores climáticos, geomorfológicos e antrópicos. Desta maneira predomina a floresta densa, vegetação de várzea e as florestas secundárias, também conhecidas como “capoeira” originadas a partir dos desmatamentos para o plantio de espécies agrícolas de subsistência (RADAM, 1974).

Ao longo das margens dos rios e igarapés preponderam as florestas ciliares e de várzeas nos trechos sob influência de inundações.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados a seguir, os resultados obtidos a partir da análise de dados dos censos agropecuários de 2005 e 2016 referentes ao município de Barcarena, da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto na análise multitemporal a partir de imagens de média resolução dos sensores Landsat 5 e Landsat 8, assim como análise visual de imagens de alta resolução (Google Earth). Os resultados dessas análises foram integrados em um sistema de informação geográfica (SIG) que deu suporte a elaboração do estudo do uso e cobertura da terra bem como a indicação de prováveis áreas para implantação de sistemas agroflorestais na Bacia Hidrográfica do Rio Itaporanga (BHRI) no município de Barcarena-PA

6.1 Dados do Censo Agropecuário

Segundo o Censo Agropecuário divulgado em 2005 cujos dados foram coletados em 2004, e o Censo de 2016 com dados coletados em 2015, houve um aumento nesse período de 59,39% (1319 ha) de áreas plantadas ou destinadas a colheita para os principais produtos das lavouras temporárias e permanentes no município de Barcarena.

Os produtos analisados referem-se a mandioca (*Manihot esculanta*), cacau em amêndoas (*Theobroma cacao*), milho em grãos (*Zea mays*), coco da baía (*Cocos nucifera*), banana (*Musa spp.*), abacaxi (*Ananas comosus*), arroz em casca (*Oryza sativa*), pimenta do reino (*Piper nigrum L.*), laranja (*Citrus sinensis*), feijão em grãos (*Phaseolus vulgaris*), maracujá passiflora vilosa), mamão (*Carica papaya*), cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), limão (*Citrus limon*) e melancia (*Citrullus lanatus*). As áreas, em hectares, ocupadas por estes produtos nos anos de 2005 e 2016 estão discriminadas na Tabela 3.

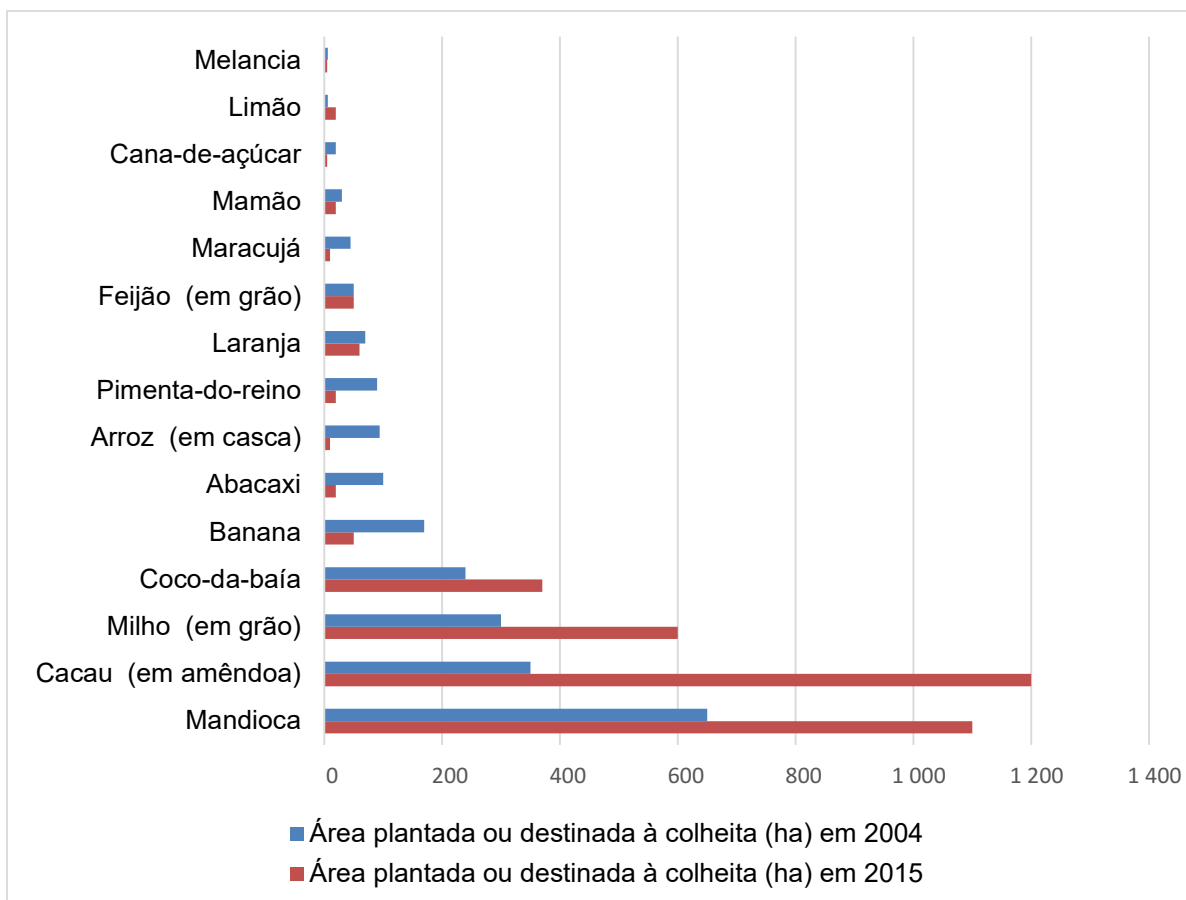
Tabela 3 - Dados do Censo Agropecuário do IBGE dos anos de 2005 e 2016 para os principais produtos das lavouras temporárias e permanentes do município de Barcarena.

| Principais produtos das lavouras temporárias e permanentes | Área plantada ou destinada à colheita (ha) - 2005 | Área plantada ou destinada à colheita (ha) - 2016 |
|--|---|---|
| Mandioca | 650 | 1 100 |
| Cacau (em amêndoa) | 350 | 1 200 |
| Milho (em grão) | 300 | 600 |
| Coco-da-baía | 240 | 370 |
| Banana | 170 | 50 |
| Abacaxi | 100 | 20 |
| Arroz (em casca) | 94 | 10 |
| Pimenta-do-reino | 90 | 20 |
| Laranja | 70 | 60 |
| Feijão (em grão) | 50 | 50 |
| Maracujá | 45 | 10 |
| Mamão | 30 | 20 |
| Cana-de-açúcar | 20 | 5 |
| Limão | 6 | 20 |
| Melancia | 6 | 5 |
| Total | 2 221 | 3 540 |

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Produção Agrícola Municipal 2018.

De acordo com o IBGE (2018) houve um aumento em área para coco da baía, milho, cacau (em amêndoas), mandioca e limão enquanto que pimenta do reino, abacaxi, banana, cana de açúcar e maracujá decresceram em termos de áreas plantadas ou destinadas à cultivo. Laranja, melancia e mamão tiveram decréscimos menores em torno de 14, 16,6 e 33% respectivamente, enquanto as áreas para feijão mantiveram-se estáveis (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição em área (ha) dos principais produtos do município de Barcarena nos anos de 2005 e 2016.



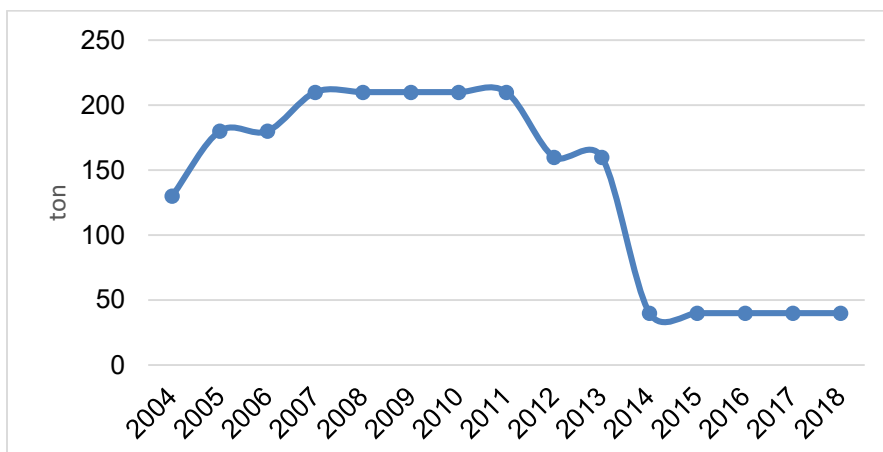
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Produção Agrícola Municipal 2018.

Entre os produtos que sofreram maior redução em área destacam-se a pimenta do reino com aproximadamente 77,7 %, abacaxi com 80%, arroz com 90%, maracujá com 77,7% e banana com 70% de decréscimo. Em contrapartida houve um aumento em área de 342,85% para o cacau, de 54,16% para o coco da baía, de 90,9% para a mandioca, 100% para o milho e 333,3% para o limão.

Dentre esses produtos, a pimenta do reino e o abacaxi tiveram a maior queda em termos de quantidade produzida e valor da produção.

A pimenta do reino mostrou uma ligeira subida na quantidade produzida (toneladas) entre os anos de 2004 e 2005, mantendo-se relativamente estável até 2011, onde a partir deste ano mostrou queda até 2018 (Figura 4).

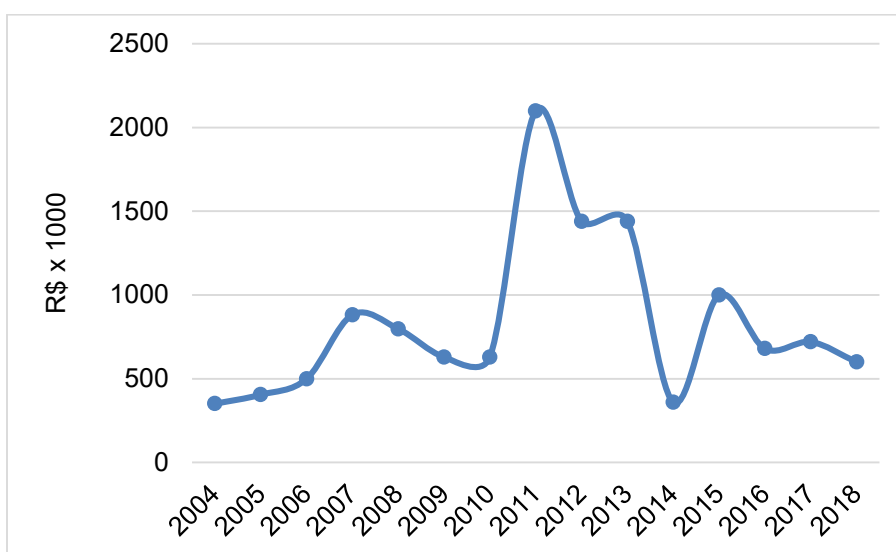
Figura 4 - Quantidade produzida de pimenta do reino no período 2004 – 2018.



Fonte: IBGE

No aspecto valor da produção, este produto apresentou relativa estabilidade no período de 2004 a 2010 quando teve uma considerável alta e a partir daí mostrou uma queda crescente até 2018 (Figura 5).

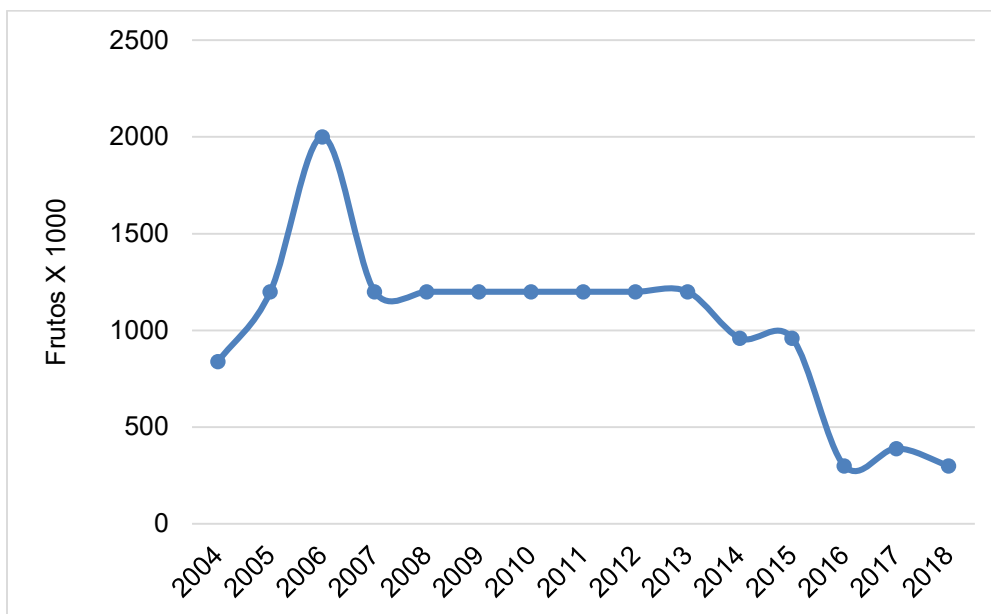
Figura 5 - Valor da produção de pimenta do reino no período 2004 – 2018.



Fonte: IBGE.

O abacaxi teve uma alta entre 2004 e 2005, quando alcançou a maior quantidade de frutos produzidos dentro do período analisado. A partir disso, essa produção manteve-se estável até por volta de 2013 quando passou a decrescer constantemente até 2018 (Figura 6).

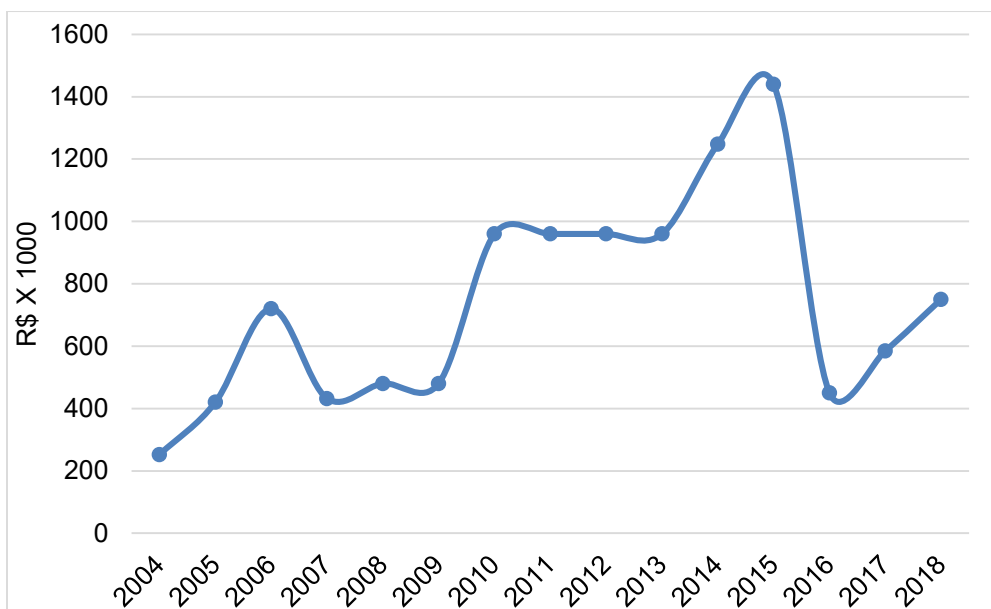
Figura 6 - Quantidade produzida de abacaxi no período 2004 – 2018.



Fonte: IBGE.

O valor da produção de abacaxi obteve alta a partir de 2004 até 2006, posteriormente mostrou queda até 2009. Voltou a subir até 2010 quando alcançou os maiores valores dentro do período analisado e partir de 2015 teve queda brusca em 2016 e uma ligeira subida até 2018, porém manteve-se com valores baixos em termos de produção (Figura 7).

Figura 7 - Valor da produção de abacaxi no período 2004 – 2018.



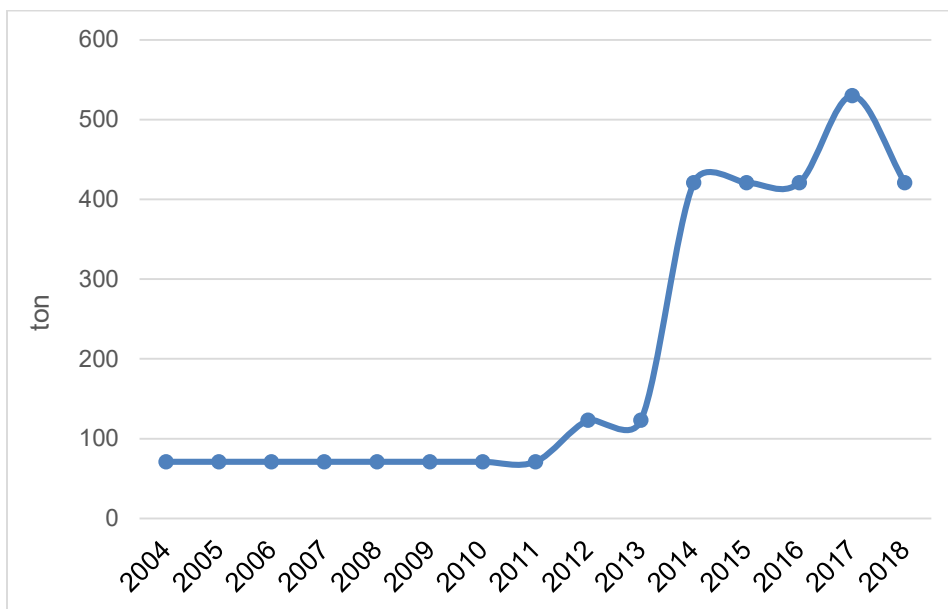
Fonte: IBGE.

Dois produtos merecem destaque com relação ao aumento da quantidade produzida e ao valor da produção: Cacau e coco da baía.

O cacau no período de 2004 a 2012 apresentava valores baixos de quantidade

produzida, porém a partir de 2013 houve um salto na quantidade produzida mantendo-se até 2016, obtendo um pico em 2017 e partir daí apresentou uma ligeira queda, mas com quantidades próximas as alcançadas em 2016 (Figura 8).

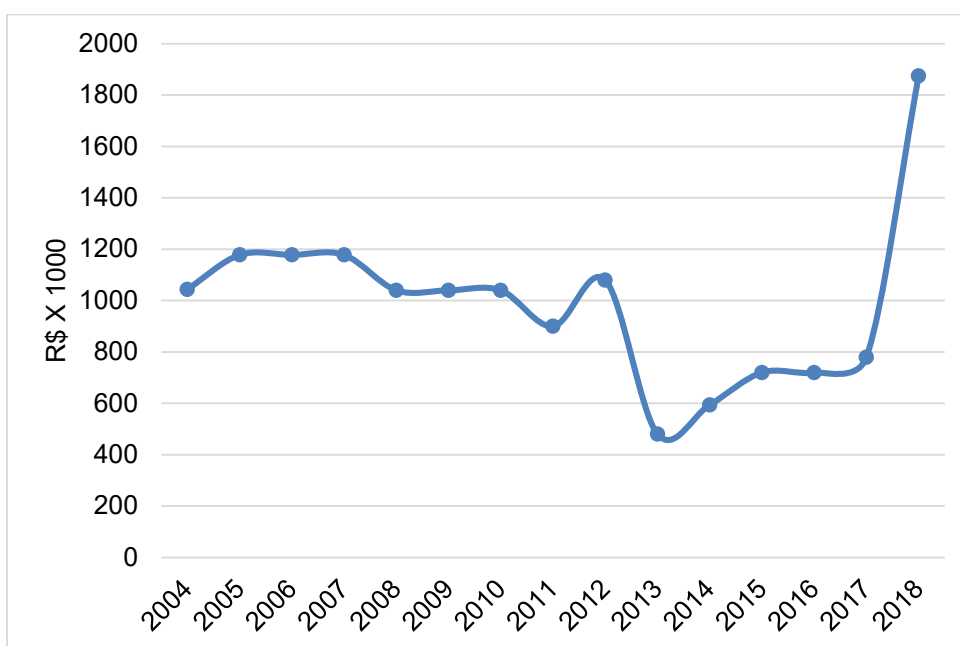
Figura 8 - Quantidade produzida de cacau no período 2004 – 2018.



Fonte: IBGE.

Quanto ao valor da produção do cacau, no período de 2004 a 2011 apresentou uma ligeira queda, caindo mais ainda de 2012 a 2013. A partir de 2013 esse produto obteve um suave aumento de valor até por volta de 2017 e partir daí seu valor de produção saltou chegando a pouco mais do dobro do valor em 2017 (Figura 9).

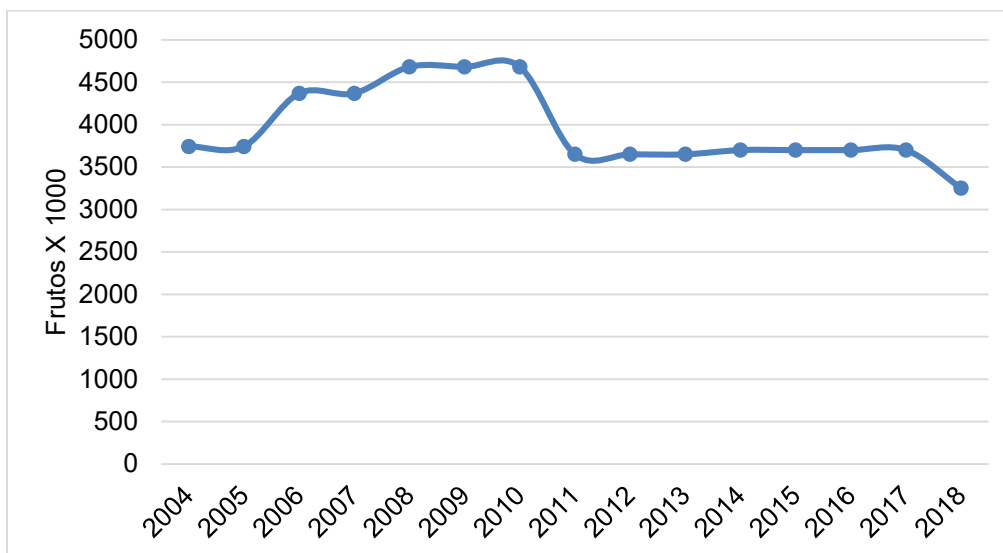
Figura 9 - Valor da produção de cacau no período 2004 – 2018,



Fonte: IBGE

O coco da baía, em termos de quantidade produzida, no período de 2004 a 2010 manteve-se relativamente estável apresentando uma ligeira queda em 2011 e mantendo-se estável até 2018 (Figura 10).

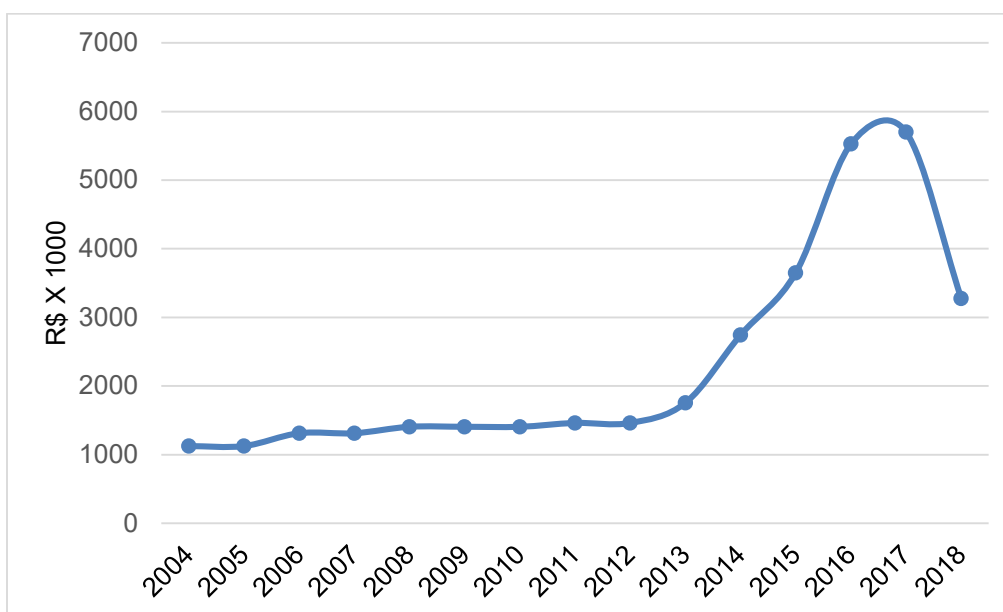
Figura 10- Quantidade produzida de coco da baía no período 2004 – 2018.



Fonte: IBGE.

O valor de produção do coco da baía entre 2004 e 2012 apresentou baixos valores, porém a partir daí teve um crescente aumento alcançando um pico em 2017 com valores até seis vezes maior que no ano de 2012. Apesar da queda no valor a partir de 2017 chegou em 2018 ainda com valores altos, em torno de 4 vezes os valores obtidos em 2012 (Figura 11).

Figura 11- Valor da produção de coco da baía no período 2004 – 2018.



Fonte: IBGE.

Em uma visão preliminar, levantou-se a hipótese a partir das mudanças

quantitativas observadas nos dados dos censos agropecuários nas áreas ocupadas por pimenta do reino e abacaxi, de que estes produtos poderiam estar sendo substituídos principalmente por cacau e coco da baía que mostraram aumento de área plantada ou destinada à cultivo, bem como alta tanto de quantidade assim como de valor da produção.

6.2 Análise da evolução do uso e cobertura da terra entre os anos 1984, 1994, 2004, 2013 e 2019

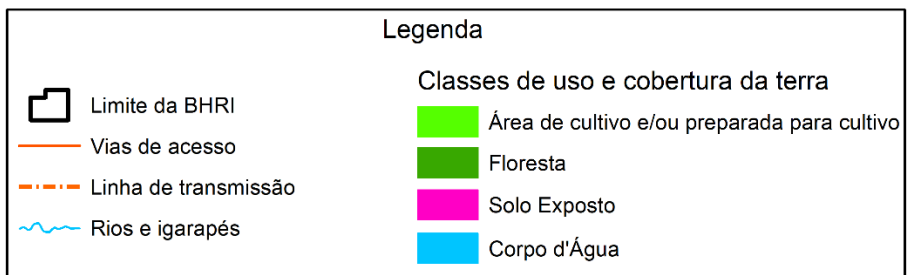
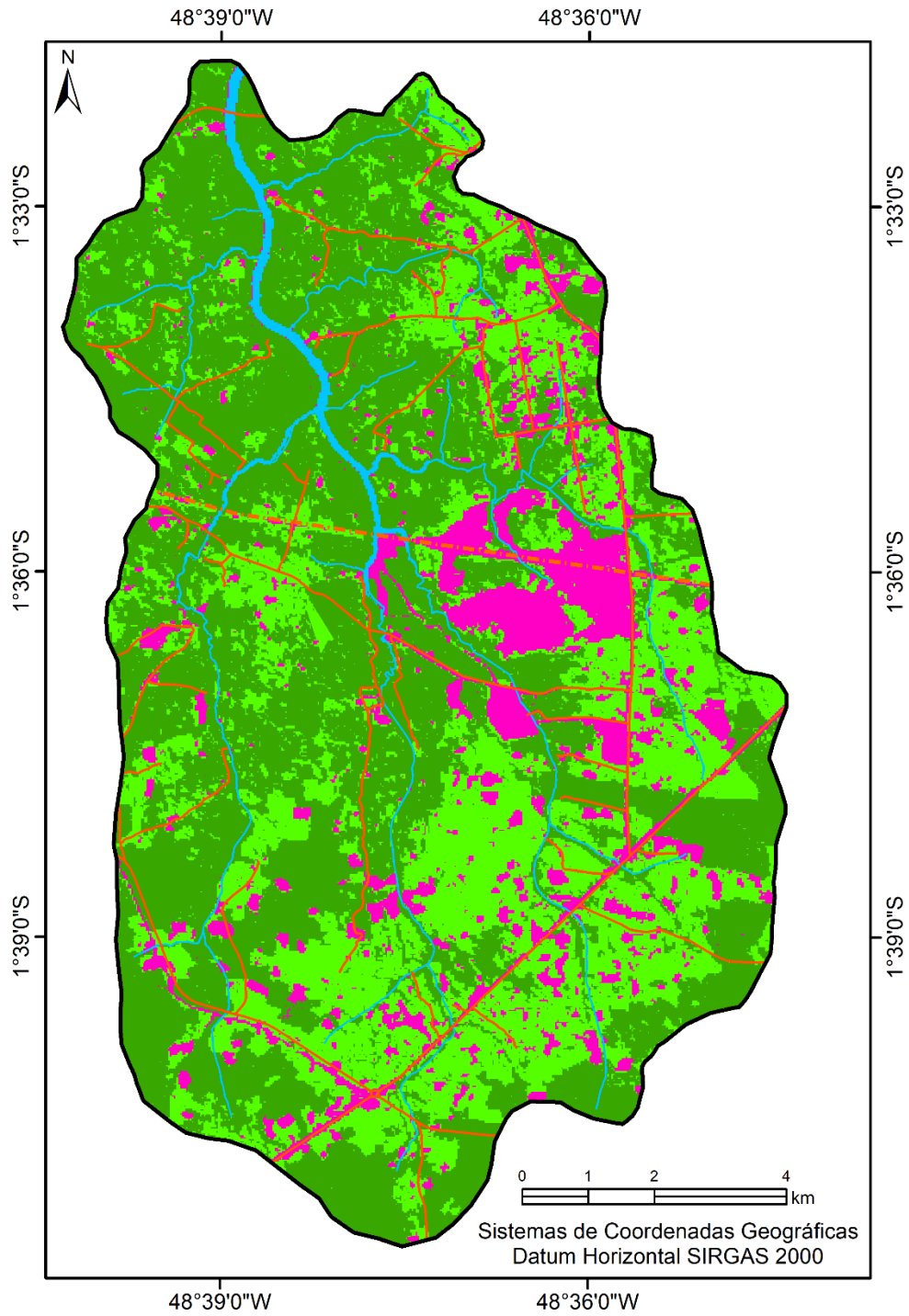
O estudo da evolução do uso e cobertura da terra para a bacia hidrográfica do rio Itaporanga (BHRI) entre os anos de 1984, 1994, 2004, 2013 e 2019 a partir de imagens Landsat teve como ponto de partida a identificação nas imagens das áreas com floresta (primária, secundária e mata ciliar), áreas cultivadas, bem como áreas sem cobertura vegetal. A partir dessas características iniciais foram definidas, de acordo com a origem quatro classes: Água, Floresta como classes de origem natural, e Cultivo e/ou Área Preparada para Cultivo e Solo Exposto como classes de origem antrópica.

Nesta análise, as áreas urbanizadas e de exploração de materiais de construção, assim como áreas sem cobertura vegetal foram agrupadas na classe Solo Exposto. A seguir será apresentado a descrição das classes definidas de acordo com cada ano analisado.

No mapa de uso e cobertura da terra para o ano de 1984 (Figura 12) observou-se remanescentes florestais principalmente nas porções centro e centro-oeste e menor quantidade no extremo sul e sudeste, ocupando 70,1 km² o que corresponde a 52,42% da área total da BHRI.

As áreas cultivadas e/ou preparadas para cultivo ocupavam cerca de 44,53 km² (33,3%), em sua maioria, no sul da bacia, tendo também uma boa representatividade na porção nordeste e leste e com menor expressão nas porções centro-oeste e noroeste. As áreas com solo exposto predominavam no centro-leste e sul e ocupavam cerca de 17,71 km² (13,24%) da área BHRI.

Figura 12 – Uso e cobertura da terra para o ano de 1984.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

A distribuição das classes identificadas para o ano de 1984 em área (Km²) e porcentagem pode ser vista na tabela 4 onde destaca-se a classe Floresta que ainda ocupava pouco mais da metade (52,42 %) da área da BHRI.

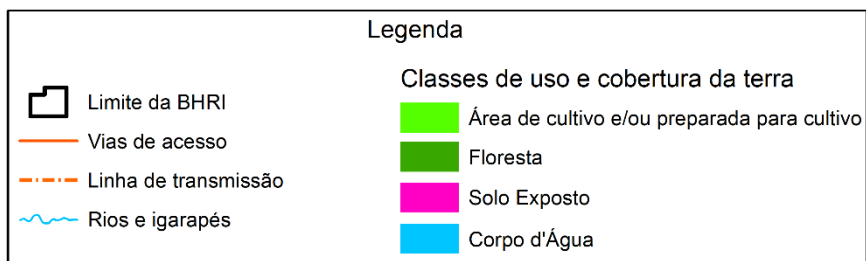
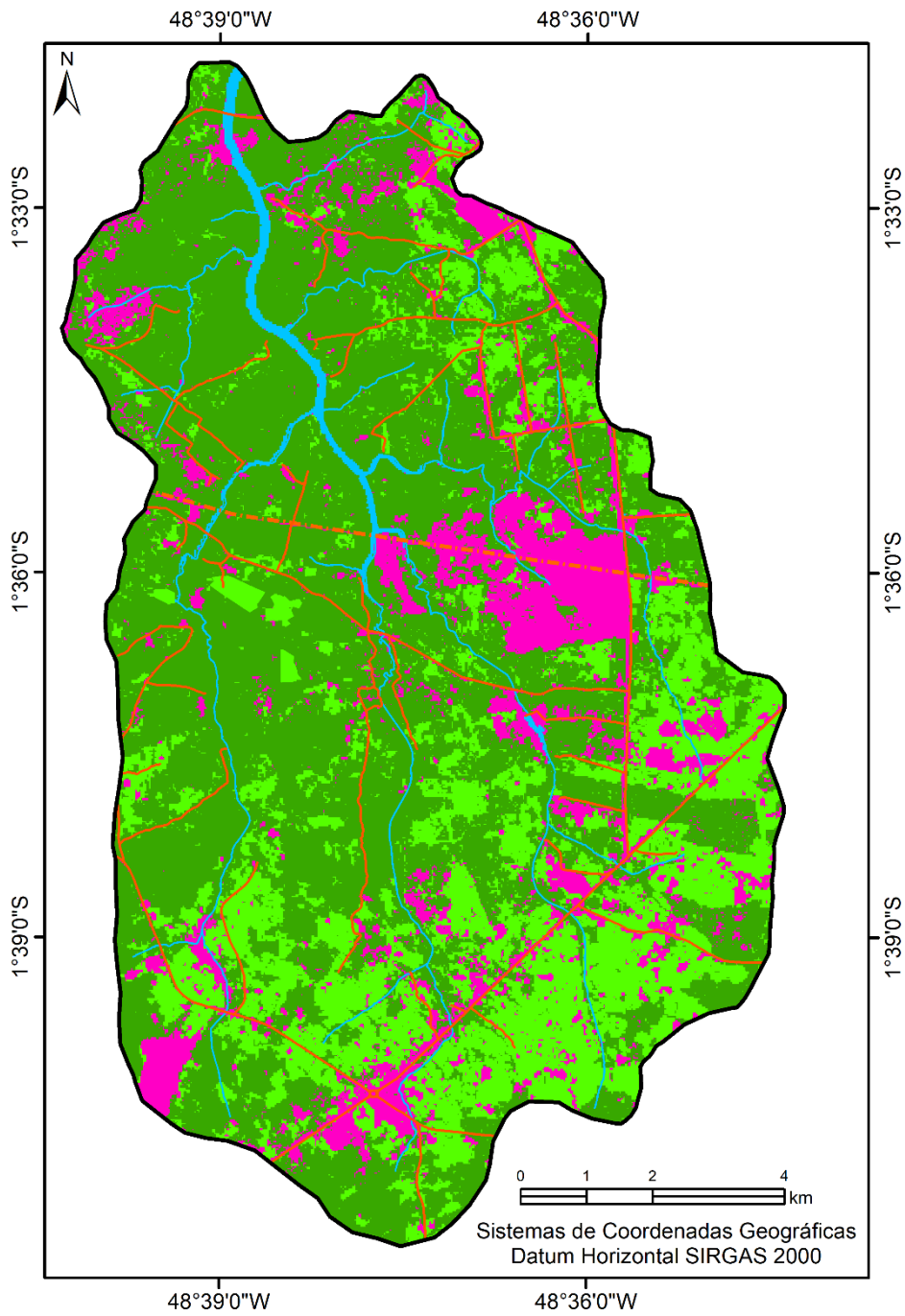
Tabela 4 - Quantitativo de classes de uso e cobertura da BHRI no ano de 1984.

| Classe de uso e cobertura | | 1984 | |
|---------------------------|--|-------------------------|----------|
| | | Área (Km ²) | Área (%) |
| Natural | Água | 1,40 | 1,04 |
| | Floresta | 70,1 | 52,42 |
| Antrópica | Cultivo e/ou área preparada para cultivo | 44,53 | 33,30 |
| | Solo Exposto | 17,71 | 13,24 |

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2919).

No mapa temático de 1994 (Figura 13) a distribuição espacial das classes permanece semelhante ao ano de 1984 onde a classe Floresta ocorre com maior expressão no noroeste e centro-oeste da BHRI e com pouca expressividade na porção sul. Observa-se em relação a 1984, principalmente no noroeste da bacia, que áreas antes ocupadas pela classe Cultivo e/ou área preparada para cultivo foram substituídas pela classe Floresta, porém também foi observado que a classe Solo Exposto aparece com maior expressão na porção sudoeste substituindo áreas de floresta e em menor proporção áreas de cultivo nas porções centro-oeste e noroeste.

Figura 13 – Uso e cobertura da terra para o ano de 1994.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

A tabela 5 ilustra a distribuição das classes identificadas para o ano de 1994 em área (Km²) e porcentagem onde destaca-se a classe Floresta que apresentou um acréscimo em torno de 5,72 % em relação ao ano de 1984 passando de 70,1 km² (1984) para 77,47 km² (1994). Em contrapartida houve uma diminuição de áreas cultivadas passando de 44,53 km² em 1984 para 33,93 km² em 1994, e aumento do solo exposto de 17,71 km² (1984) ha para 20,48 km² (1994).

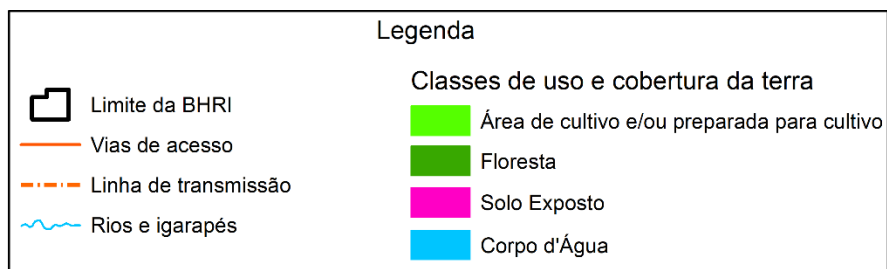
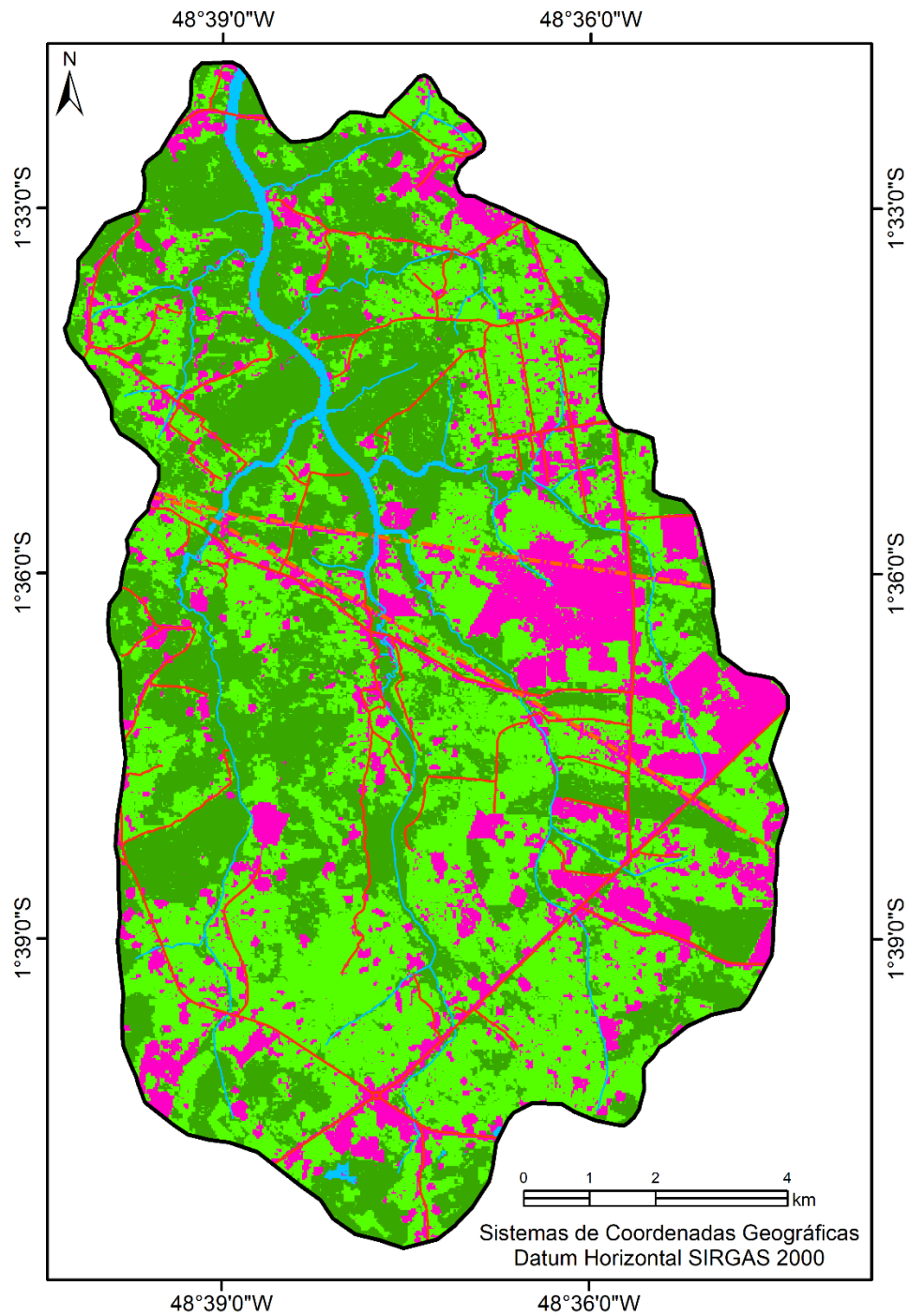
Tabela 5 - Quantitativo de classes de uso e cobertura da BHRI no ano de 1994.

| Classe de uso e cobertura | | 1994 | |
|---------------------------|--|-------------------------|----------|
| | | Área (Km ²) | Área (%) |
| Natural | Água | 1,38 | 1,03 |
| | Floresta | 77,47 | 58,14 |
| Antrópica | Cultivo e/ou área preparada para cultivo | 33,93 | 25,46 |
| | Solo Exposto | 20,48 | 15,37 |

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2919).

Em 2004 (Figura 14) a classe espacialmente predominante na BHRI é Cultivo e/ou preparada para cultivo que domina a porção sul, central e nordeste e ocupa parcialmente o centro-oeste e nordeste somando 57,9 km² em área. Os remanescentes de floresta concentram-se em sua maior parte no centro norte da bacia e em menor proporção no centro-oeste, ocorrendo ainda de maneira dispersa no extremo sul e sudeste compreendendo 48,25 km² da área da BHRI. Na porção centro-oeste houve um avanço da classe Solo Exposto em substituição às áreas com floresta e cultivadas o mesmo acontecendo no centro-oeste, porém em menor proporção.

Figura 14 – Uso e cobertura da terra para o ano de 2004.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

A distribuição das classes em termos de área no ano 2004 mostrou um considerável aumento para a classe Cultivo e/ou preparada para cultivo, passando de 33,93 km² (25,46 %) em 1994 para 57,9 km² (43,29 %) em 2004 e um decréscimo de Floresta de 77,47 km² (58,14 %) em 1994 para 48,25 km² (36,08 %) em 2004 (Tabela 6)

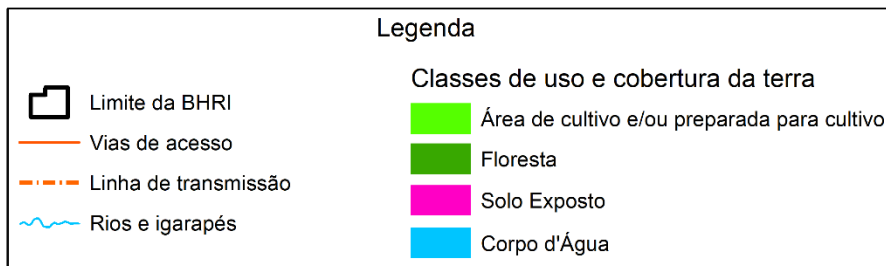
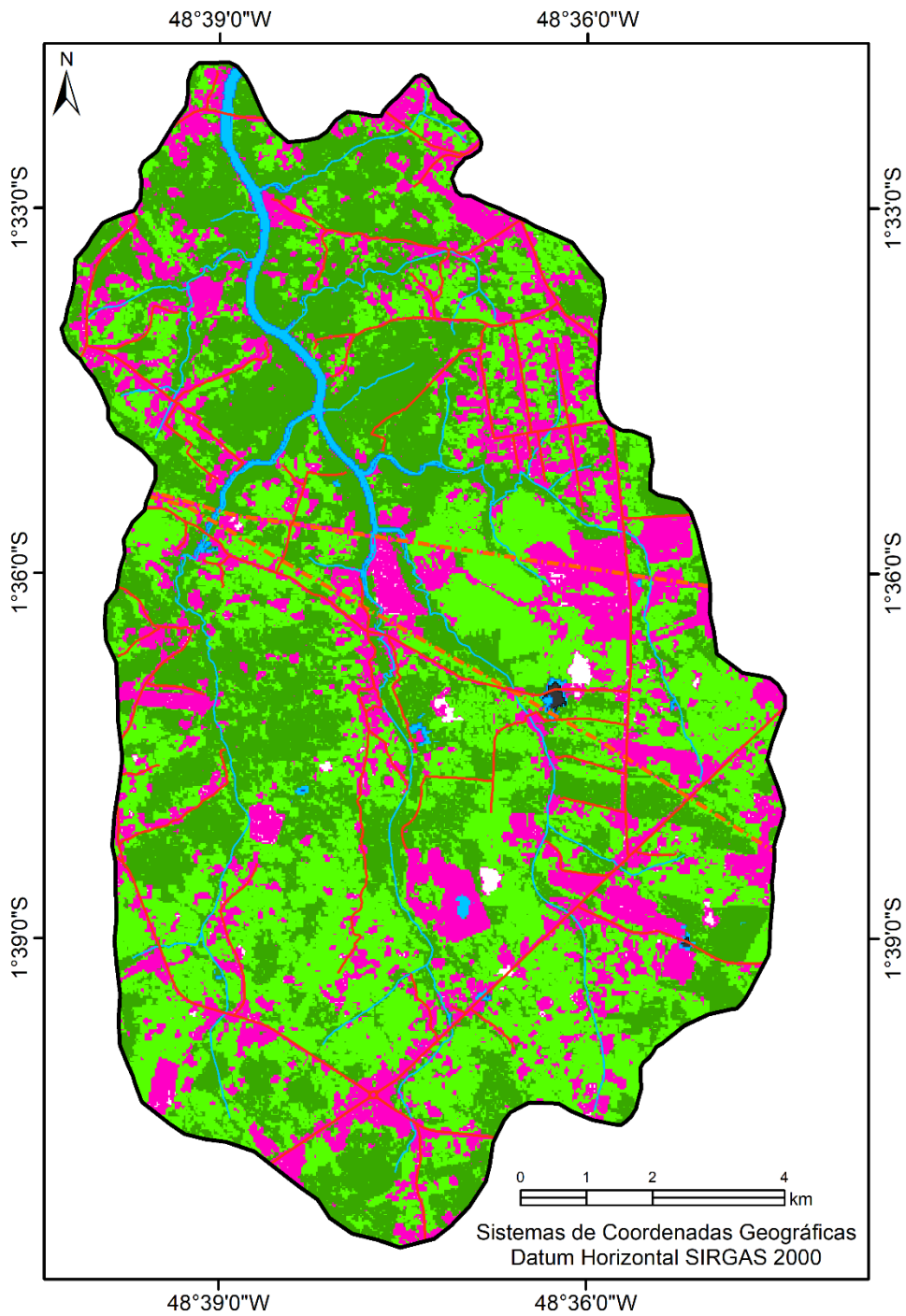
Tabela 6 - Quantitativo de classes de uso e cobertura da BHRI no ano de 2004.

| Classe de uso e cobertura | | 2004 | |
|---------------------------|--|-------------------------|----------|
| | | Área (Km ²) | Área (%) |
| Natural | Água | 1,66 | 1,24 |
| | Floresta | 48,25 | 36,08 |
| Antrópica | Cultivo e/ou área preparada para cultivo | 57,90 | 43,29 |
| | Solo Exposto | 25,92 | 19,38 |

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2919).

No mapa temático de 2013 (Figura 15) observa-se uma discreta mudança, em relação a 2004, quanto a classe Cultivo e/ou preparada para cultivo na porção centro-oeste. Enquanto a classe Floresta praticamente se manteve estável, o Solo Exposto teve um ligeiro aumento em sua distribuição espacial nas porções centro-sul e sudoeste.

Figura 15 - Uso e cobertura da terra para o ano de 2013.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

A tabela 7 ilustra o quantitativo das classes para o ano de 2013, onde a principal mudança foi na classe solo exposto que passou de 25,92 km² em 2004 para 31,11 km² em 2013 e as áreas cultivadas passaram de 57,9 km² em 2004 para 50,87 km² em 2013.

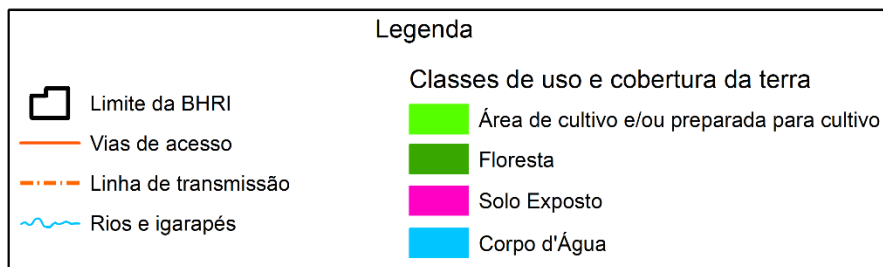
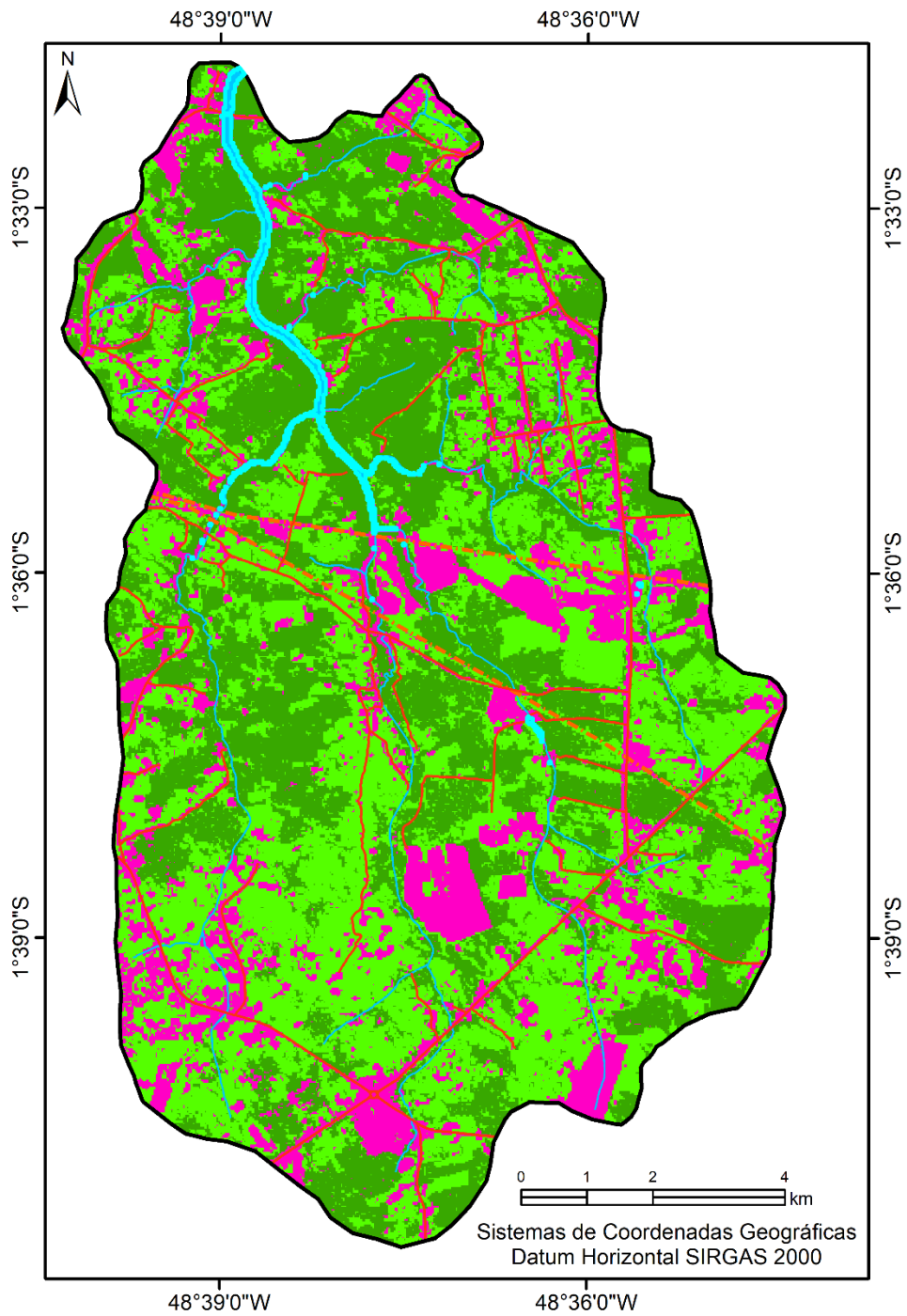
Tabela 7 - Quantitativo de classes de uso e cobertura da BHRI nos anos de 2013.

| Classe de uso e cobertura | 2013 | | |
|---------------------------|--|----------|-------|
| | Área (Km ²) | Área (%) | |
| Natural | Água | 1,81 | 1,37 |
| | Floresta | 48,33 | 36,58 |
| Antrópica | Cultivo e/ou área preparada para cultivo | 50,87 | 38,5 |
| | Solo Exposto | 31,11 | 23,55 |

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2019).

No ano de 2019 (Figura 16) poucas foram as mudanças nas classes mapeadas, sendo que a mais notável, em relação a 2013, ocorreu na porção centro-oeste com o aumento de áreas cultivadas em relação a floresta. A classe Solo Exposto aumentou na porção sudeste substituindo principalmente áreas de cultivo.

Figura 16 – Uso e cobertura da terra para o ano de 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

O quantitativo das classes (Tabela 8) mostra, em relação a 2013, uma diminuição da classe Solo Exposto e um aumento nas classes Floresta e Cultivo e/ou área preparada para cultivo

Tabela 8 - Quantitativo de classes de uso e cobertura da BHRI no ano de 2019.

| | Classe de uso e cobertura | 2019 | |
|-----------|--|-------------------------|----------|
| | | Área (Km ²) | Área (%) |
| Natural | Água | 0,93 | 0,69 |
| | Floresta | 51,26 | 38,33 |
| Antrópica | Cultivo e/ou área preparada para cultivo | 55,32 | 41,37 |
| | Solo Exposto | 26,23 | 19,61 |

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2019).

A partir dos resultados apresentados anteriormente observou-se no geral uma diminuição da classe Floresta a exceção dos anos de 1994 (58,14%) e 2019 (38,33%) que aumentaram em relação aos anos de 1984 (52,42%) e 2013 (36,58%) respectivamente.

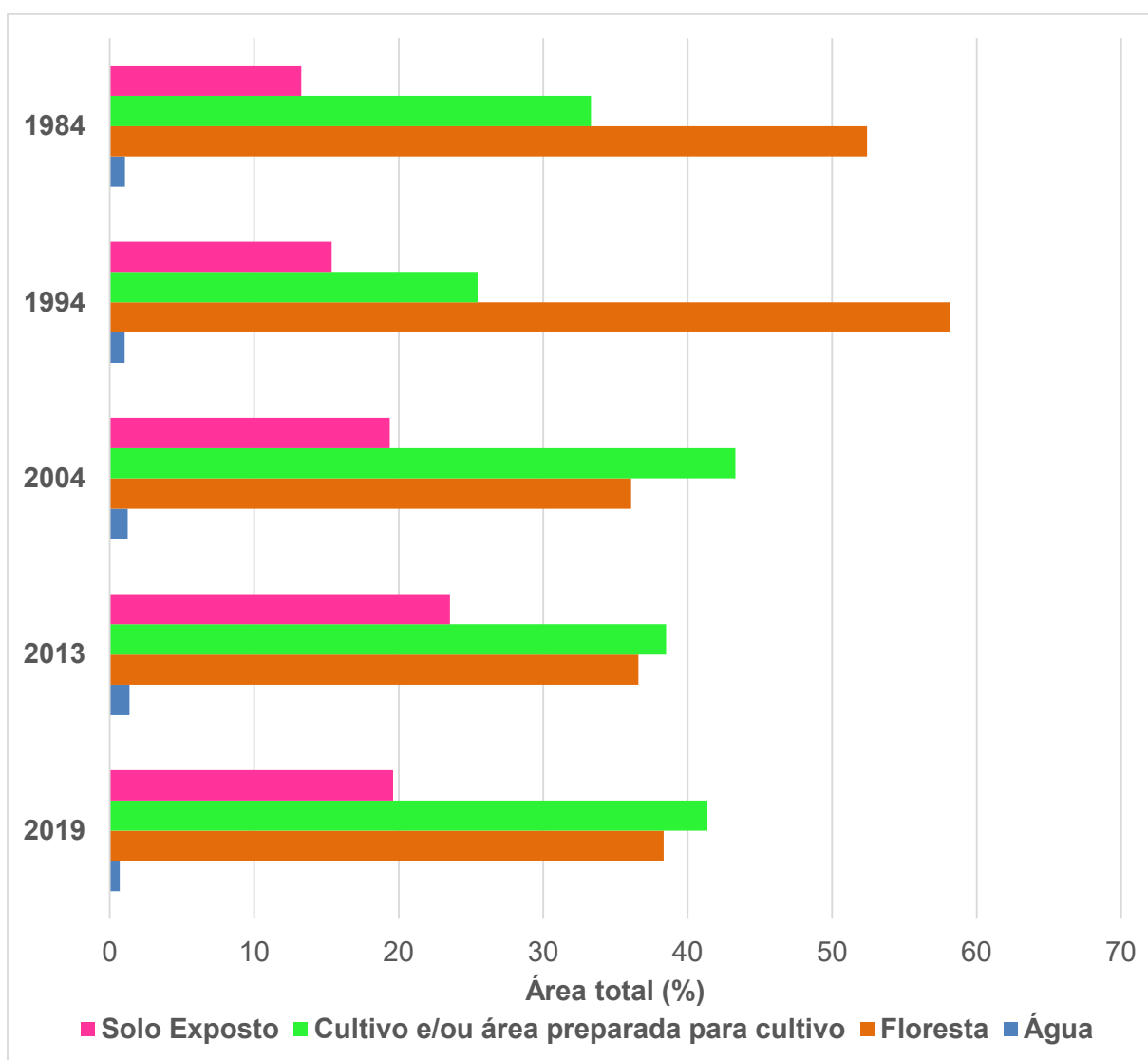
A classe solo exposto mostrou um constante crescimento incrementado principalmente pela expansão urbana no município como resultado da implantação de polos industriais no início dos anos 1980.

A classe Cultivo e/ou preparada para cultivo de modo geral, também aumentou no período de 1984 a 2019, sendo que em 1994 mostrou a menor área em relação aos outros anos analisados e coincide com o aumento da classe floresta no mesmo ano. Esse aumento pode estar relacionado a um provável reflorestamento e/ou aumento (crescimento) da vegetação secundária, hipótese essa levantada em função de não ter sido criadas classes individuais para floresta (vegetação primária) e vegetação secundária. Em 2004 foi o ano em que houve o maior aumento em área desta classe (57,90%) ocasionado principalmente pelo avanço de áreas de cultivo sobre a floresta muito bem observado na porção centro-oeste da bacia.

As variações em área para a classe Água são em função principalmente devido a amplitude de maré no momento da captura da imagem pelo sensor e também pela projeção de copas de árvores sobre o leito do canal dos rios e igarapés. Isso acaba induzindo ao algoritmo utilizado pequenas diferenças na classificação e conseqüentemente variações para os valores de área para os corpos d'água.

Desta forma, como síntese do resultado da análise multitemporal, a figura 17 ilustra as variações em termos percentuais das classes identificadas na BHRI para os anos de 1984, 1994, 2004, 2013 e 2019.

Figura 17 – Percentual das classes de uso e cobertura terra na bacia hidrográfica do rio Itaporanga segundo os anos analisados.



Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho (2019).

6.3 Análise visual de imagem de alta resolução





A análise multitemporal descrita anteriormente proporcionou uma visão de conjunto da BHRI onde foram identificadas, de forma simplificada, classes em imagens Landsat de média resolução (30m) o que de certa forma causa uma limitação de um melhor detalhamento das referidas classes, ou seja, os mapas temáticos gerados a partir dessas imagens estão limitados a uma escala de no máximo 1:50.000. Com isso para obter um melhor detalhamento dos tipos de uso e cobertura da terra atual da BHRI optou-se pela utilização de imagens de alta resolução espacial da data de 09/08/2019. A utilização dessas imagens abre a possibilidade de elaboração de mapeamentos temáticos de uso e cobertura da terra com melhor nível de acurácia e consequentemente em escalas de detalhe como 1:10.000 e até 1:5.000. Além disso, também possibilita uma relativa redução de trabalhos de campo.

Desta forma realizou-se a interpretação visual de imagem a partir do estabelecimento de uma chave de interpretação adequada à bacia hidrográfica do rio Itaporanga com base nos elementos de interpretação da imagem e sobretudo no sistema sensor adotado. Segundo Novo (2008), essa chave visa tornar menos subjetivo o processo de extração de informações.

A análise visual pode ser definida como o ato de examinar uma imagem com o propósito de identificar objetos e estabelecer julgamentos sobre suas propriedades. Esse procedimento toma como base sete características de imagem no processo de extração de informações, tais como: tonalidade/cor, textura, padrão, localização, forma, sombra e tamanho (NOVO 2008).

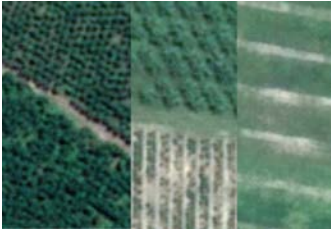



Como resultado obteve-se a chave de interpretação elaborada utilizando os elementos interpretativos de Tonalidade/Cor, Textura e Forma (Quadro 1), na qual foram caracterizadas as classes Pastagem, Floresta, Capoeira, Áreas Urbanizadas, Cultivo, Destinada a Cultivo, Áreas de exploração/Degradada e Solo Exposto.

Quadro 1 – Chave de interpretação para mapeamento de uso e cobertura da terra.

| Uso e cobertura da terra - 2019 | Tonalidade/Cor | Textura | Forma |
|---------------------------------|---|--------------|-----------------------|
| Pastagem | Verde claro – rosa claro  | Lisa a média | Irregulares |
| Floresta | Verde escuro  | Rugosa | Irregulares |
| Capoeira | Verde claro a médio  | Média-rugosa | Regulares/irregulares |
| Áreas urbanizadas | Marrom claro-laranja  | Média-rugosa | Irregulares |

Quadro 1 – Chave de interpretação para mapeamento de uso e cobertura da terra.

(continua)

| Uso e cobertura da terra - 2019 | Tonalidade/Cor | Textura | Forma |
|---------------------------------|--|----------------------|-------------|
| Cultivo | Verde escuro a verde claro  | Rugosa (estruturada) | Irregulares |
| Destinada a Cultivo | Verde claro  | Lisa-rugosa | Regulares |
| Áreas de exploração/Degradada | Laranja – marrom claro  | Rugosa média | Irregulares |
| Solo Exposto | Marrom escuro – cinza claro  | Lisa-média | Irregulares |

O mapa temático resultante da aplicação desta técnica pode ser visto na figura 18 e as classes de uso e cobertura da terra definidas são descritas conforme a seguir.

A Pastagem ocupa 3,33% da BHRI e na imagem pode ser identificada nas cores que variam entre verde claro e rosa claro, apresenta textura lisa/média. Essa associação de cores é justificada por ser uma área onde a pastagem por vezes encontra-se degradada e misturada com o solo arenoso e/ou argiloso.

A Floresta ocupa cerca 44 % do total da área da BHRI e caracteriza-se por cor verde-escura e uma textura rugosa indicada pela alta densidade arbórea e com formas irregulares. Inclui-se nesta classe as áreas com mata ciliar que apresentam características semelhantes e muitas vezes não sendo possível sua individualização em relação a floresta.

A capoeira (vegetação secundária) representa 16,49 % em área e apresenta cor verde claro e médio, textura média rugosa e formas regulares e irregulares.

As áreas urbanizadas ocupam 2,16 % de área, possuem cor marrom claro-laranja, textura média-rugosa e formas irregulares representada por edificações de diferentes usos como comercial e residencial.

Os cultivos ocupam cerca de 3,9 %, discriminados na imagem por apresentarem tons de verde escuro a verde claro, textura rugosa por vezes ordenadas em arranjos ordenados (estruturada) com formas regulares e irregulares.

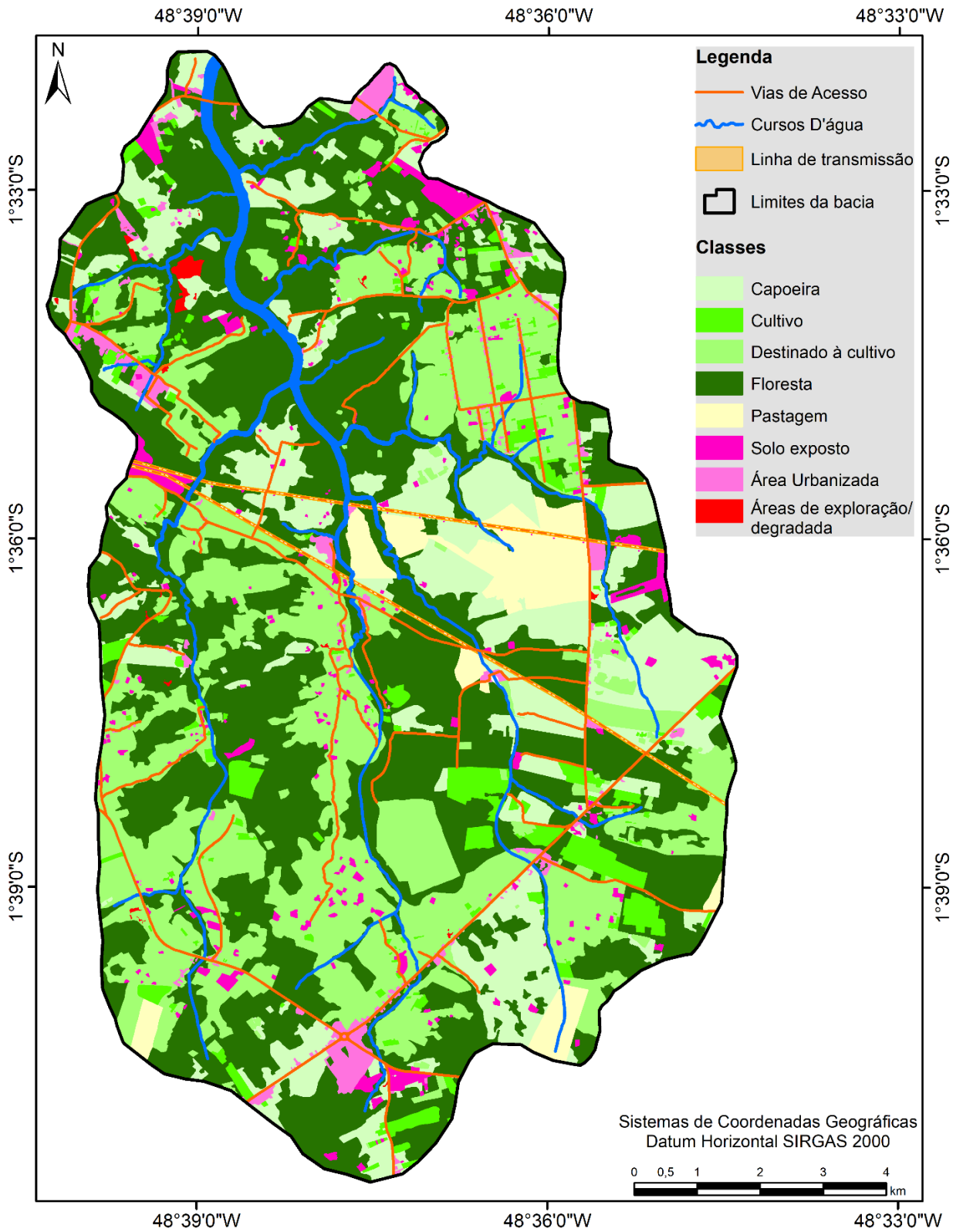
As áreas destinadas à cultivo representam 25, 86% da BHRI, apresentam-se na cor verde claro, com textura lisa-rugosa e formas regulares.

As áreas de exploração de materiais de construção (saibro) ocupam 0,28% em área, possuem cores laranja a marrom claro, textura rugosa média e formas irregulares.

O solo exposto ocupa 2,78% da área, apresenta cor marrom escuro e cinza claro, textura lisa-média e formas irregulares.

A classe denominada Drenagem que representa os corpos d'água como rios e igarapés ocupam cerca de 0,93% do total da área da BHRI.

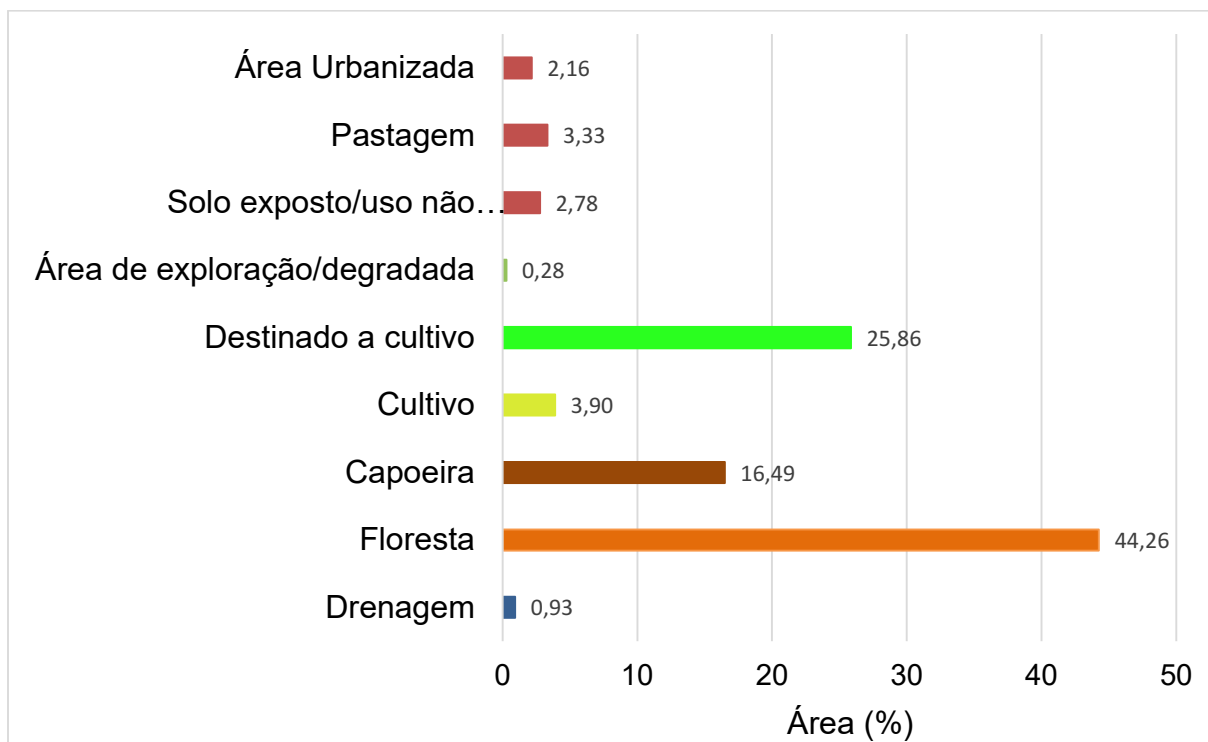
Figura 18 – Mapa de uso e cobertura da terra atual (2019) para a BHRI.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Em complemento ao mapa temático a figura 19 ilustra o quantitativo em termos percentuais das classes de uso e cobertura atual da BHRI.

Figura 19 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na BHRI.

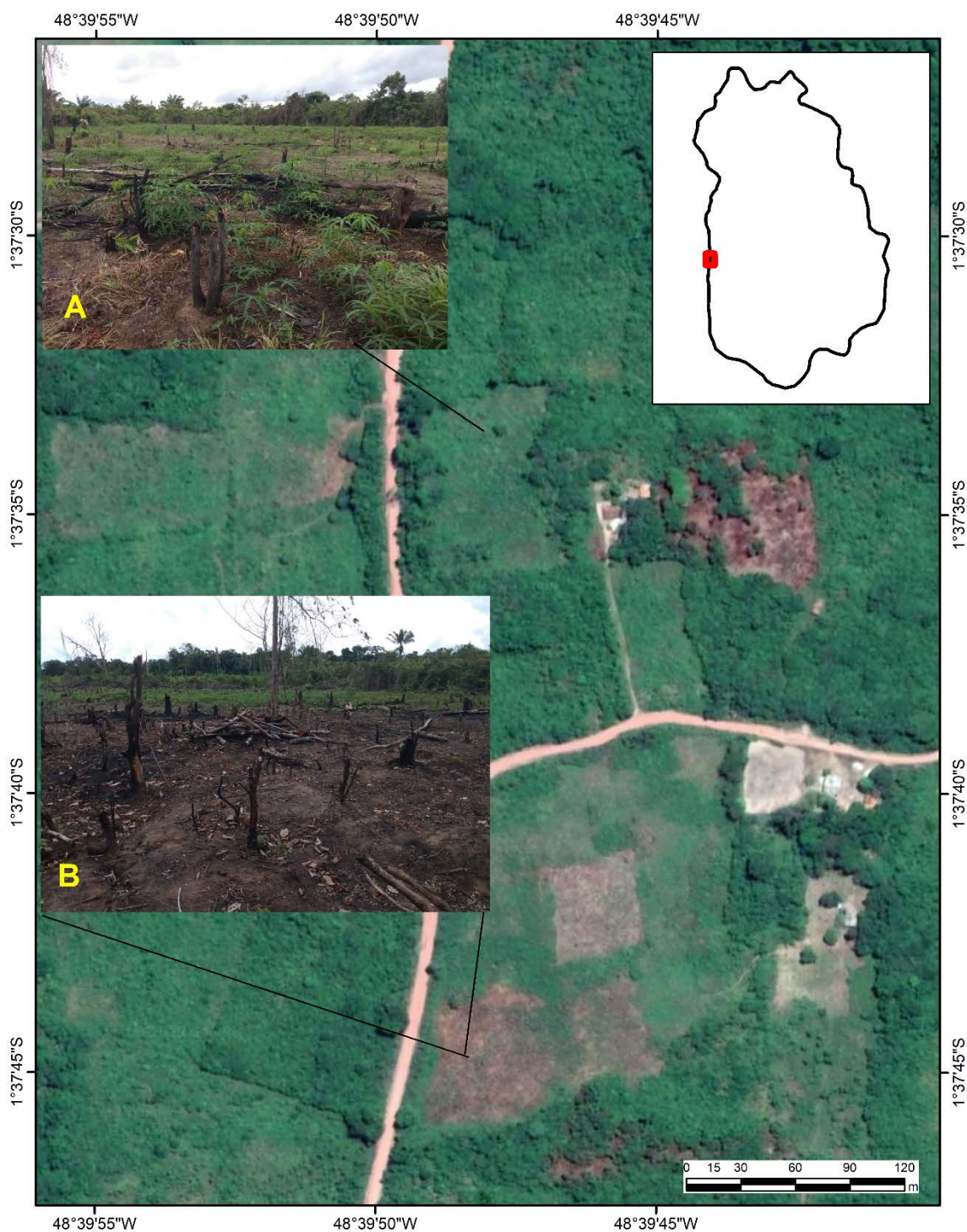


Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Em trabalhos de campo constatou-se que ainda é utilizado o processo de derruba e queima para o cultivo de mandioca. Nas imagens, sobretudo na porção centro oeste da BHRI estas atividades aparecem em tons marrons a marrom avermelhado e foram classificados como Solo Exposto/Usos não identificados (Figura 20).

A mandioca segundo o IBGE (2017) foi o produto que mais aumentou em termos de áreas de plantio e/ou destinada a colheita e provavelmente representa a maior parte da classe definida como Destinado a cultivo que ocupa 25,86% da área da BHRI, conforme o mapa de uso e cobertura da terra atual.

Figura 20 – Locais onde observa-se cultivo de mandioca em estágio inicial (A) e área com queimada recente (B).

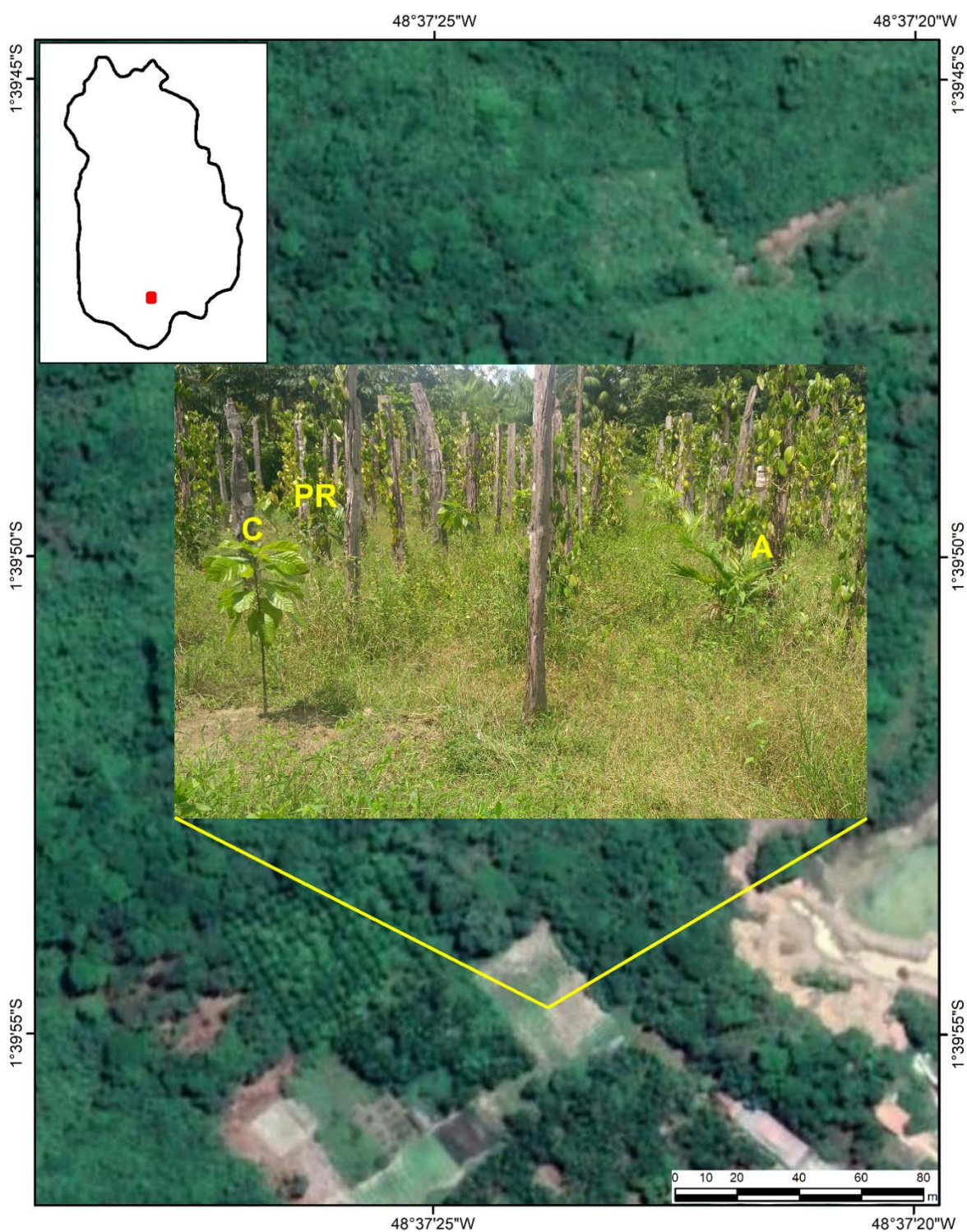


Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Outro aspecto observado nos dados do IBGE refere-se ao decréscimo de áreas cultivadas por pimenta do reino e abacaxi, o que levantou a suspeita que essas áreas provavelmente estariam sendo ocupadas por cultivos de cacau e coco. Isto foi

confirmado, pelo menos em parte, em algumas propriedades visitadas dentro dos limites da BHRI. Foi observado em uma propriedade localizada no sul da bacia a substituição de uma área plantada com pimenta do reino por cultivo de cacau e açaí (Figura 21).

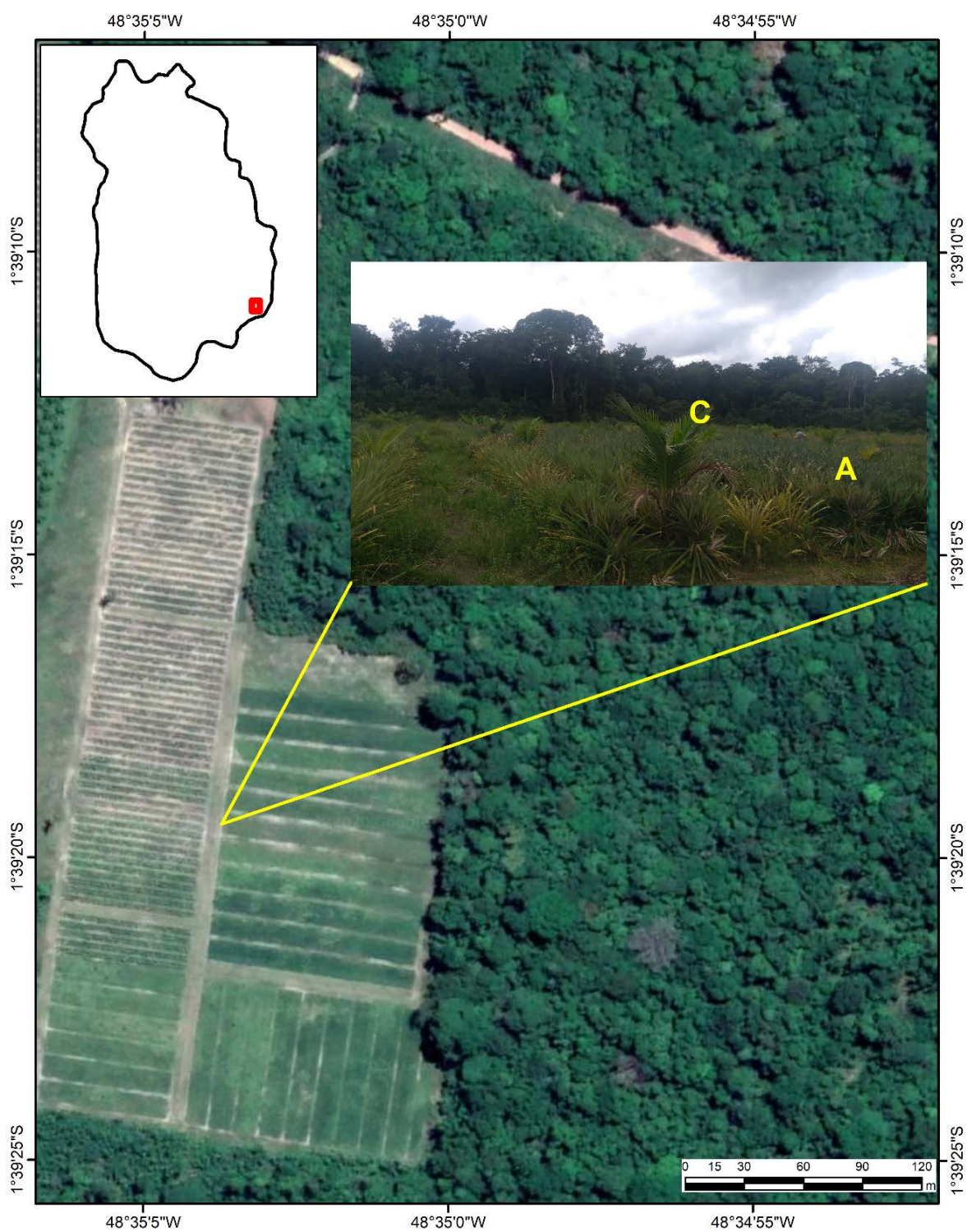
Figura 21 - Pimenta do reino (PR) sendo substituída por açaí (A) e cacau (C).



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Em outra propriedade no sudeste da BHRI a parte destinada ao cultivo do abacaxi atualmente ocupa aproximadamente 3ha da área total da propriedade, mas foi observado que já havia sido plantado coco entre as fileiras de abacaxi (Figura 22).

Figura 22 – Abacaxi (Ab) sendo substituído por coco (C).



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

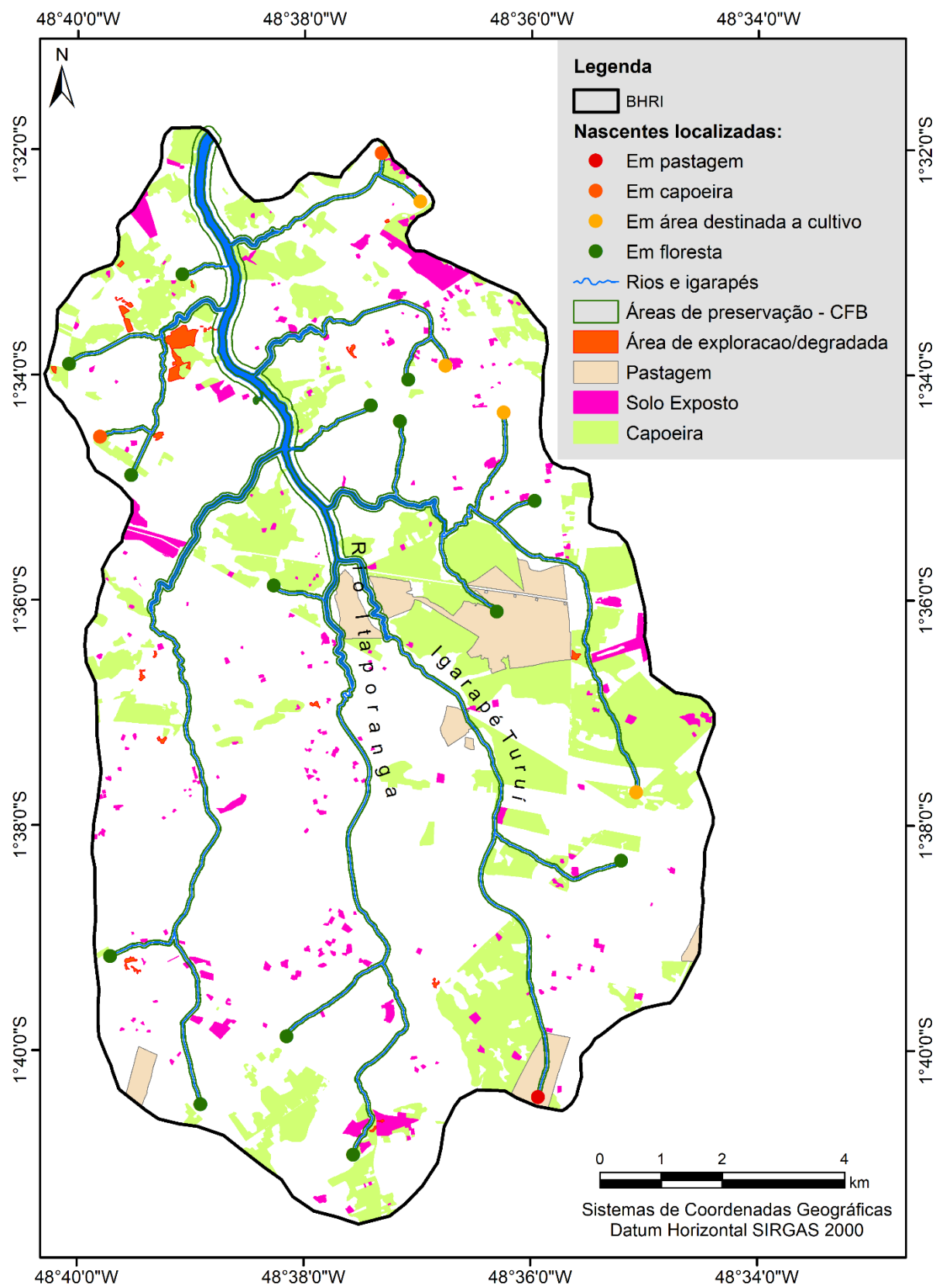
6.4 Áreas favoráveis à implantação de sistemas agroflorestais

O mapa de uso e cobertura da terra atual gerado a partir de imagens de alta resolução permitiu a identificação, dentre todas as classes, de áreas prioritárias a serem recompostas em função de seu uso, como os locais de exploração de materiais para a construção civil e/ou degradadas e pastagens e em menor nível de prioridade áreas com solo exposto e capoeira. Como apoio a essa afirmativa utilizou-se da espacialização das áreas de proteção, segundo o Código Florestal Brasileiro (CFB), de nascentes, rios e igarapés, em função dessas áreas merecem cuidados para a manutenção de sua preservação, bem como a espacialização das classes Áreas de exploração/degradadas, Pastagem, Solo exposto e Capoeira (Figura 23).

O resultado foi um mapa onde pode ser observado que das 21 nascentes mapeadas 14 estão em floresta, 4 em áreas destinadas à cultivo, 2 em áreas ocupadas por capoeira e 1 em área de pastagem, esta última merecendo destaque pois é a nascente de um dos principais afluentes do rio Itaporanga (Figura 23). Com relação as áreas de proteção de rios e igarapés, a sua maioria, cerca de 75%, encontra-se margeada por floresta, ou seja, cumprindo o que determina o CFB.

Nesse contexto, surgem como alternativa para recomposição e/ou manejo os sistemas agroflorestais (SAF's), onde segundo Kato et al (2008), entre os sistemas de produção sustentáveis, são uma alternativa viável, pois contribuem para o bem-estar nutricional, social, econômico e ambientais (fluxos de água, carbono e nutrientes entre solo, planta e atmosfera) dos produtores rurais, assim como para a conservação dos recursos naturais. Esses sistemas de produção têm como característica reproduzir e potencializar os processos naturais, aumentar a diversidade, intensificar os fluxos de informação e diminuir o aporte de materiais externos.

Figura 23 – Mapa ilustrando as áreas de preservação e classes prioritárias para recomposição e/ou manejo.



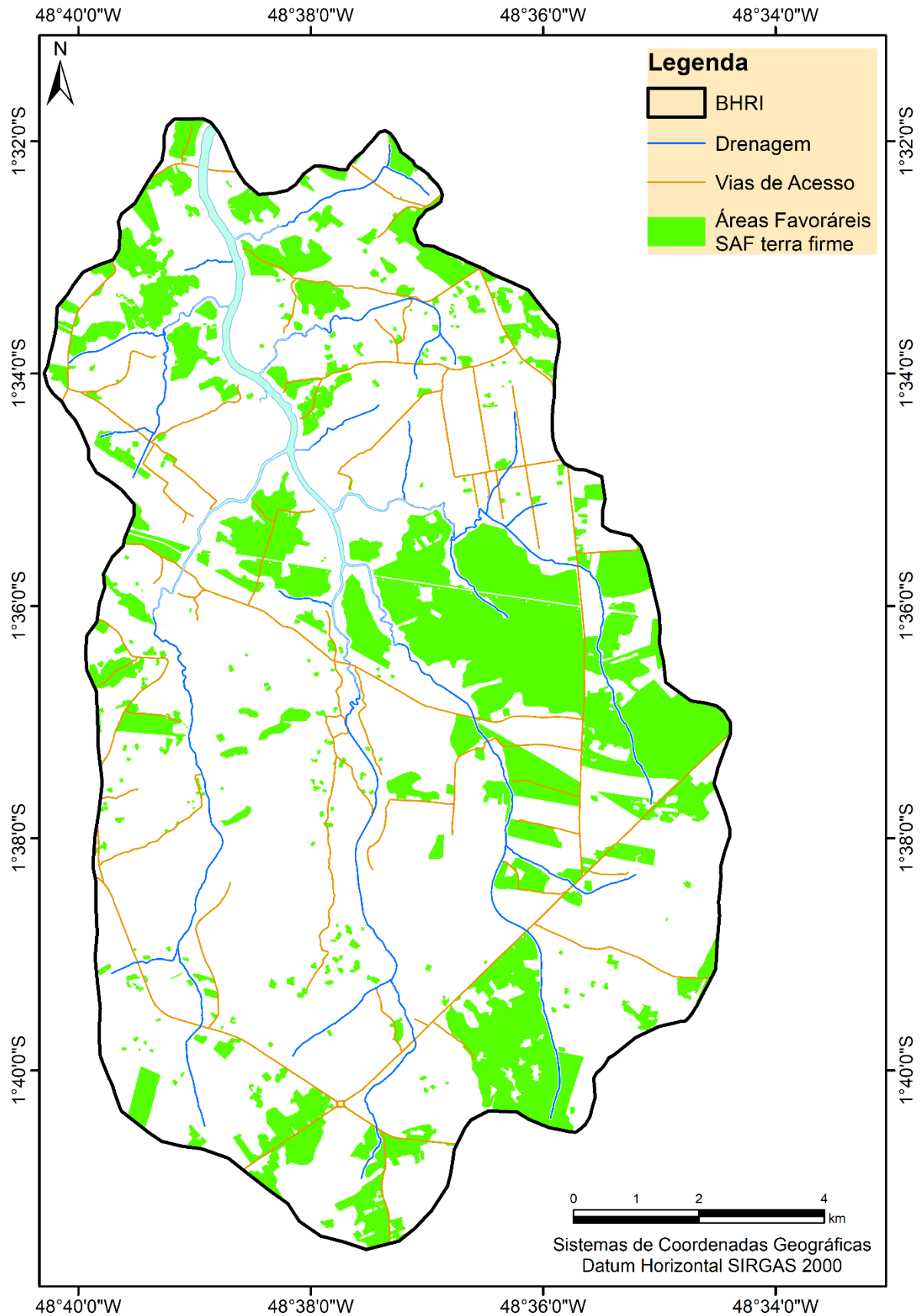
Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

Desta forma, definiu-se áreas potenciais para a implantação de sistemas agroflorestais (SAF's) com base na integração (união) das classes Áreas de exploração/degradadas, Pastagem, Solo exposto e Capoeira que juntas correspondem a 29,74 Km² (22,24%) da área total da BHRI.

Outro aspecto importante é a proximidade dessas classes com as áreas de proteção segundo o Código Florestal Brasileiro, o que justifica sua implantação tendo em vista sua importância para a conservação dos recursos naturais.

Como resultado tem-se um mapa com a indicação das áreas potenciais para implantação de SAF's na bacia hidrográfica do rio Itaporanga ilustrado na figura 24.

Figura 24 – Mapa com indicação de áreas favoráveis a implantação de sistemas agroflorestais.



Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho (2019).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise multitemporal das imagens Landsat a qual proporcionou uma primeira observação em escala de semi-detalhe das diferentes classes de uso e cobertura foi possível levantar algumas considerações sobre as mudanças de uso da terra na BHRI em termos de supressão de floresta primária e aumento de áreas cultivadas ou destinadas ao cultivo.

Os dados do IBGE mostraram que houve um aumento, de 2005 para 2016, de 59,39% (1319 ha) de áreas plantadas ou destinadas a colheita para os principais produtos das lavouras temporárias e permanentes no município de Barcarena.

Outro aspecto observado nos dados do IBGE refere-se ao decréscimo de áreas cultivadas por pimenta do reino e abacaxi, o que levantou a suspeita que essas áreas provavelmente estariam sendo ocupadas por cultivos de coco e cacau. Isto foi confirmado, pelo menos em parte, em algumas propriedades visitadas dentro dos limites da BHRI.

Com o uso de imagem de alta resolução já se tornou viável uma melhor definição e precisão nas relações de uso e cobertura proporcionando uma melhor individualização das classes.

Em trabalhos de campo constatou-se que ainda é utilizado o processo de derruba e queima para o cultivo de mandioca. Nas imagens, sobretudo na porção centro oeste da BHRI estas atividades aparecem em tons marrons a marrom avermelhado e foram classificados como Solo Exposto/Usos não identificados.

A mandioca segundo o IBGE foi o produto que mais aumentou em termos de áreas de plantio e/ou destinada a colheita e provavelmente representa a maior parte da classe Destinada a cultivo que ocupa 25,86% da área da BHRI, conforme o mapa de uso e cobertura da terra atual.

Por fim, de posse dos dados apresentados anteriormente foi possível fazer a integração, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento, das classes capoeira, pastagem, áreas degradadas, solo exposto/uso não identificado aliados ao que determina o Código Florestal Brasileiro.

O resultado da integração dessas informações foi a elaboração de um mapa temático onde está espacializado as áreas favoráveis para a implantação de sistemas

agroflorestais, totalizando 29,74 Km² (22,24%) da área total da BHRI.

Neste contexto sugere-se a elaboração de trabalhos futuros no que diz respeito a levantamento de dados socioeconômicos nas secretarias do município e levantamento detalhado de dados biofísicos e socioeconômicos em propriedades a partir da aplicação de questionários. Estes dados integrados em ambiente de sistemas de informação geográfica (SIG) complementariam as análises quantitativa dos dados do IBGE e análises a partir das imagens de satélite compondo uma base de dados geográfica robusta de apoio a tomada de decisões por parte dos gestores do município.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. As 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras. Acessado em <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/links-12-regioes>.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro.

Caporal, F. R. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Brasília: 2009. 30 p.

Crosta, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: IG/UNICAMP. 1992. 170p.

CPRM. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Organizadores, Marcelo Lacerda Vasquez, Lúcia Travassos da Rosa-Costa. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008. 328 p. : il. 2008.

ENGESAT. Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento Acessado em <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/> em 11/11/2019

Florenzano, T.G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo, Oficina de Textos. 2002.

Google Earth Pro 7.3.2.5776. 2019. Rio Itaporanga, PA. Coordenadas 1^o 34' 09.54" S e 48^o 38' 23.05"W. Elevação 14 m. Data de Visualização: 10/12/2019. Data das imagens 8/9/2019.

IBGE. Produção Agrícola Municipal 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Acessado em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/barcarena/pesquisa/15/11863> em 02/12/2019

IBGE. Acessado em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?edicao=21858&t=downloads> em 12/10/2019

Jensen, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphânio (coordenador) ... et al. – São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009

Kato O. R.; Vasconcelos, S. S.; Capela, C. J.; Miranda, I. De S.; Lemos, W. De P.; Maués, M. M.; Azevedo R. de; Castellani, D.C.; Thom, G. Projeto Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar. 2008. 7p. Acessado em <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/910652> em 06/05/2019.

Kato, O. R., Vasconcelos, S. S.; Capela, C. J.; Miranda, I. De S.; Lemos, W. de P.; Lorena, R. B. Plantio direto na capoeira. Ciência e Ambiente. 2004.

Medeiros, A. M. L. E-book – Artigos sobre conceitos em geoprocessamento 2012.

Novo, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo; Edgar Blucher, 2008

Sá, T. D. A., Silva, R. O. Para além do interdisciplinar: a agroecologia como uma perspectiva transdisciplinar para a agricultura na Amazônia. In: VIEIRA, I. C. G.; Toledo, P. M. de; Santos Junior, R. A. O. (Org.). Ambiente e sociedade na Amazônia: uma abordagem interdisciplinar. Rio de Janeiro: Garamond, 2014. p. 379-408.

Pereira, L. H.; Pinto, S. A. F. Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia do Rio Corumbataí SP, com suporte de sistemas de informações geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 1321-1328. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.27>>. Acesso em: 23 nov. 2011.

Ribeiro, R. J. C.; Baptista, G. M. M.; Bias, E. S. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verosimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Abril 2017.

Ross, J. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, n 6. 1992

Santos, P. L.; Rodrigues, T. E.; Silva, J. M. L.; Valente, M. A. Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Barcarena, Estado do Pará. Documentos 154. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA. 2003

Souza Filho, P.W.M.; Nascimento Jr, W.R. ; Versiani de Mendonça, B.R.; Silva Jr, R.O., Guimarães, V.; Dall'Agnol, R.; Siqueira, J.O. **Changes in the land cover and land use of the Itacaiúnas river watershed, ARC of deforestation, Carajás, southeastern Amazon.** The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, volume XL-7/W3,2015. 36th International symposium on Remote Sensing of Environment, 11-15 May 2015, Berlin, Germany.

Steenbock, Walter Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza. Walter Steenbock; Fabiane Machado Vezzani. – Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, 2013. 148p.

Tarpley, J.D., Schneider, S.R., Money, R.L., 1984. Global Vegetation Indices from the NOAA-7 Meteorological Satellite. Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, pp. 491-494.